

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 20.04.02. Природообустройство и водопользование
 Отделение геологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Мониторинг состава подземных вод района золотвала Минусинской ТЭЦ
УДК 556.314.6(571.51)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ92	Лелекова Анастасия Леонидовна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения геологии	Дутова Екатерина Матвеевна	д. г.-м.н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пашков Евгений Николаевич	к.т.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Чистая вода	Пасечник Елена Юрьевна	к.г.-м.н., доцент		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 20.04.02 Природообустройство и водопользование
 Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Пасечник Е.Ю.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ92	Лелекова Анастасия Леонидовна

Тема работы:

Мониторинг подземных вод района золоотвала Минусинской ТЭЦ

Утверждена приказом директора (дата, номер)

От 23.03.2021 № 84-55/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

05.06.2021

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Объект исследования – подземные воды района золоотвала Минусинской ТЭЦ в Красноярском крае.

В работе использовались фондовые материалы по геологическому изучению данной территории, космические снимки миссии SRTM. Топографические и гидрогеологические карты района.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов

(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).

1. Общие сведения и характеристика об объекте геологического изучения
2. Гидрогеологические условия площади работ
3. Методика и результаты изучения гидрогеологических и гидрогеохимических условий

	4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5. Социальная ответственность 6. Раздел на иностранном языке
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Карта-схема гидроизогипс района золоотвала Минусинской ТЭЦ; 2. Карта загрязнения подземных вод.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность	Пашков Евгений Николаевич
Иностранный язык	Утятина Янина Викторовна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Реферат	
Обзор аутентичной литературы по теме исследования	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	23.03.2021
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения геологии	Дутова Екатерина Матвеевна	д. г.-м.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ92	Лелекова Анастасия Леонидовна		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 20.04.02. Природообустройство и водопользование
Уровень образования магистратура
Отделение геологии
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2020 /2021 учебного года)

Форма представления работы:

магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01-02.2021	Сбор и обработка исходных материалов	
01-03.2021	Общие сведения и характеристика об объекте геологического изучения	
02-04.2021	Гидрогеологические условия площади работ	
05.2021	Методика и результаты изучения гидрогеологических и гидрогеохимических условий	
05.2021	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
04.2021	Социальная ответственность	
05.2021	Раздел на иностранном языке	...

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения геологии	Дутова Екатерина Матвеевна	д. г.-м.н., профессор		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Пасечник Елена Юрьевна	к.г.-м.н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	способность и готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
ОПК(У)-2	способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, находить и принимать управленческие решения, формировать цели команды, воздействовать на ее социально-психологический климат в нужном для достижения целей направлении, оценивать качество результатов деятельности
ОПК(У)-3	готовность к изучению, анализу и сопоставлению отечественного и зарубежного опыта по разработке и реализации проектов природообустройства и водопользования
ОПК(У)-4	способность использовать знания методов принятия решений при формировании структуры природно-техногенных комплексов, методов анализа эколого-экономической и технологической эффективности при проектировании и реализации проектов природообустройства и водопользования, проектов восстановления природного состояния водных и других природных объектов
ОПК(У)-5	способность профессионально использовать современное научное и техническое оборудование и приборы, а также профессиональные компьютерные программные средства
ОПК(У)-6	способность собирать, обобщать и анализировать экспериментальную и техническую информацию
ОПК(У)-7	способность обеспечивать высокое качество работы при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов природообустройства и водопользования, при проведении научно-исследовательских работ
Профессиональные компетенции	
Проектно-изыскательская деятельность	
ПК(У)-1	способность определять исходные данные для проектирования объектов природообустройства и водопользования, руководить изысканиями по оценке состояния природных и природно-техногенных объектов

ПК(У)-2	способность использовать знания методики проектирования инженерных сооружений, их конструктивных элементов, методики инженерных расчетов, необходимых для проектирования систем, объектов и сооружений для природообустройства и водопользования
ПК(У)-3	способность обеспечивать соответствие качества проектов природообустройства и водопользования международным и государственным нормам и стандартам
Научно-исследовательская деятельность	
ПК(У)-6	способность формулировать цели и задачи исследований, применять знания о методах исследования при изучении природных процессов, при обследовании, экспертизе и мониторинге состояния природных объектов, объектов природообустройства и водопользования и влияния на окружающую среду антропогенной деятельности
ПК(У)-7	способность разрабатывать и вести базы экспериментальных данных, производить поиск и выбор методов и моделей для решения научно-исследовательских задач, проводить сравнение и анализ полученных результатов исследований, выполнять математическое моделирование природных процессов
ПК(У)-8	способность делать выводы, формулировать заключения и рекомендации, внедрять результаты исследований и разработок и организовывать защиту прав на объекты интеллектуальной собственности
ПК(У)-9	способность проводить поиск, получение, обработку и анализ данных полевых и лабораторных исследований, обследований, экспертизы и мониторинга объектов природообустройства, водопользования
Профессиональные компетенции университета	
ДПК(У)-1	способность осуществлять педагогическую деятельность в области профессиональной подготовки

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2BM92	Лелековой Анастасии Леонидовне

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	20.04.02 Природообустройство и водопользование

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

Мониторинг подземных вод района золоотвала Минусинской ТЭЦ	Работа с данными государственного мониторинга недр, научной литературой, представленной в российских и иностранных научных публикациях
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности проведения исследований	Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа исследований
2. Планирование и формирование бюджета исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение бюджета научного исследования
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности природоохранных мероприятий предприятия	Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности природоохранных мероприятий предприятия

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических природоохранных решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет проекта
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности природоохранных мероприятий на предприятии

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	31.03.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		31.01.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM92	Лелекова Анастасия Леонидовна		31.03.2021

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2BM92	Лелековой Анастасии Леонидовне

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	20.04.02 Природообустройство и водопользование

Тема ВКР:

Мониторинг подземных вод района золотвала Минусинской ТЭЦ	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования – подземные воды, используемые для водоснабжения г.Минусинск.</p> <p>Камеральные работы по обработке результатов мониторинга осуществляются с помощью ПК.</p> <p>Область применения – статистическая и аналитическая характеристика качества подземных вод района Минусинской ТЭЦ.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	1. ТК РФ 2. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ 3. ГОСТ 21889-76 4. ГОСТ Р 50923-96 5. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<p>Вредные факторы производственной среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> - чрезмерные характеристики световой среды; - отклонения показателей микроклимата; - стереотипные рабочие движения; - нервно-психические перегрузки; - электромагнитные излучения. <p>Опасные факторы производственной среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> - поражение электрическим током; - возникновение пожаров.

<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>При выполнении камеральных работ воздействие на компоненты природной среды возможно несоблюдении правил утилизации основных средств производства.</p> <p>Воздействие золототвала на: Атмосферу – минимальные выбросы выхлопных газов от работающей техники и оборудования, тепловое воздействие Гидросферу – возможное воздействие в виде истощения/загрязнения подземных вод Литосферу – тепловое воздействие трубопроводов, загрязнение.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Возможные ЧС: Природные (истощение запасов подземных вод, природное загрязнение, развитие экзогенных геологических процессов под воздействием подземных вод); Техногенные (антропогенное загрязнение, пожары, взрывы, разливы топлива). Наиболее типичная ЧС: загрязнение объекта исследования – подземных вод, используемых для водоснабжения населения.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	29.03.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пашков Евгений Николаевич	к.т.н		29.03.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM92	Лелекова Анастасия Леонидовна		29.03.2021

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 104 с., 14 рис., 35 табл., 32 источника, 1 прил.

Ключевые слова: Минусинская ТЭЦ, золоотвал, мониторинг подземных вод, макро- и микрокомпоненты в подземных водах, режимные наблюдения

Объектом исследования являются подземные воды района золоотвала Минусинской ТЭЦ, расположенной в Красноярском крае.

Цель работы – оценить состояние подземных вод в районе золоотвала Минусинской ТЭЦ по данным объектного мониторинга.

В процессе исследования проводились комплекс камеральных работ, включающих изучение природных условий, анализ результатов режимных наблюдений уровней и качества подземных вод наблюдательных скважин в районе золоотвала.

В результате исследования получены и проанализированы характеристики химического состава подземных вод, оценены фильтрационные параметры, построена пьезометрическая поверхность на участок исследования.

Область применения: изучение и прогноз последствий воздействия предприятий энергетической сферы на подземные воды.

ОГЛАВЛЕНИЕ

РЕФЕРАТ	10
ВВЕДЕНИЕ	13
1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ ОБЪЕКТЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ	15
1.1. Информация об объекте геологического изучения	15
1.2. Природные и техногенные факторы формирования подземных вод	15
1.2.1. Природные факторы, влияющие на состояние геологической и водной среды	15
1.2.2. Техногенные факторы	26
1.3. Структурно-геологические, инженерно-геологические условия	27
1.3.1. Геологическое строение	27
1.3.2. Инженерно-геологические условия	34
2 ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПЛОЩАДИ РАБОТ	35
2.1. Гидрогеологические условия	35
2.2. Гидрогеохимические условия	41
3 МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ	47
3.1. Сбор и анализ фондовой информации	47
3.2. Предварительное дешифрирование космоснимков	47
3.3. Изучение режима подземных вод в районе Минусинской ТЭЦ	51
3.4. Карта-схема гидроизогипс территории золоотвала Минусинской ТЭЦ	53
3.5. Оценка состояние подземных вод в районе золоотвала Минусинской ТЭЦ по данным объектного мониторинга	56
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	60
4.1. Предпроектный анализ	60
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	60
4.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	62
4.1.3. SWOT-анализ	63
4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации	66
4.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	67
4.2. Инициация проекта	68
4.2.1. Цели и задачи исследования	68
4.2.2. Структура работ в рамках научного исследования	69

4.2.3. Ограничения и допущения проекта	69
4.3. Планирование управления научно-техническим проектом	70
4.3.1. Иерархическая структура работ проекта	70
4.3.2. План проекта	71
4.4. Бюджет исследования	71
4.4.1. Материальные затраты	71
4.4.2. Основная заработная плата	72
4.4.3. Дополнительная заработная плата научного персонала	74
4.4.4. Отчисления на социальные нужды	75
4.4.5. Накладные расходы	75
4.4.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	76
4.4.7. План управления коммуникациями проекта	76
4.4.8. Реестр рисков проекта	77
4.5. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности	77
4.5.1. Оценка абсолютной эффективности исследования	77
4.5.2. Чистая текущая стоимость (NPV)	78
4.5.3. Индекс доходности (PI)	80
4.5.4. Внутренняя ставка доходности (IRR)	80
4.5.5. Дисконтированный срок окупаемости	82
4.5.6. Оценка сравнительной эффективности исследования	83
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	87
5.2. Производственная безопасность	89
5.3. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	90
5.3.1. Чрезмерные характеристики световой среды	90
5.3.2. Отклонение показателей микроклимата	93
5.3.3. Нервно-психические перегрузки	95
5.3.4. Поражение электрическим током	95
5.4. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работника камерального отдела	96
5.5. Экологическая безопасность	97
5.5.1. Камеральные работы	97
5.5.2. Эксплуатация золоотвала Минусинской ТЭЦ	97
5.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	98
5.7. Выводы по разделу	100
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	101
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	102
ПРИЛОЖЕНИЕ А	105

ВВЕДЕНИЕ

Развитие промышленности и сельского хозяйства часто приводит к формированию геолого-техногенной системы, к уменьшению территории с естественным состоянием подземных вод. Нарушение экологического равновесия оказывает негативное воздействие на современное состояние геологической среды, в том числе подземных вод.

В районе Минусинской ТЭЦ выявленные изменения геологической среды в части подземных вод характеризуются следующим:

- подтоплением территорий;
- наличием очагов загрязнения подземных вод.

Своевременное предупреждение возникновения негативного состояния изменения геологической среды, в том числе подземных вод, возможно при учете закономерностей протекания природных процессов, а также на основе нормирования хозяйственной деятельности в управлении рациональным использованием геологической среды. Необходимая информация для решения этих задач требует функционирования постоянно действующей службы регулярного изучения, анализа, оценки и прогноза изменений состояния геологической среды с оповещением органов управления природопользованием и населения об этих изменениях с рекомендациями мер по недопущению или сокращению и преодолению негативных последствий, в том числе экономического ущерба.

Такой службой является служба ведения мониторинга состояния геологической среды.

Объектом исследования выступают подземные воды района золоотвала Минусинской ТЭЦ, расположенной в Красноярском крае.

Целью данного исследования является составление карты загрязнения подземных вод в районе золоотвала Минусинской ТЭЦ по данным объектного мониторинга.

В ходе работы были поставлены следующие задачи:

- Дать характеристику гидрогеологической и гидрохимической изученности территории;
- Дать характеристику природных условий объекта исследований;
- Дать характеристику фактического материала и методики обработки;
- Построить карту-схему гидроизогипс;
- Охарактеризовать химический состав подземных вод;
- Составить карту загрязнения подземных вод.

Методика исполнения данного исследования отличается новизной, а именно совмещением классического подхода обработки гидрогеологической информации и элементов графического построения ПО ArcGIS.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ ОБЪЕКТЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ

1.1. Информация об объекте геологического изучения

Минусинская ТЭЦ расположена в Минусинском районе Красноярского края на границе с республикой Хакассией.

Площадь работ находится в северной части листа N-46-88.

Границы исследования определены контуром, ограниченным зоной влияния золоотвала и прилегающей к ней территории.

1.2. Природные и техногенные факторы формирования подземных вод

1.2.1. Природные факторы, влияющие на состояние геологической и водной среды

Природными факторами, определяющими распространение, формирование подземных вод, проявление и развитие экзогенных геологических процессов (ЭГП) являются ландшафтно-климатические, гидрографические и геолого-структурные условия территории.

В последнее время на территориях урбанизированных, густо заселенных, хорошо освоенных в хозяйственном отношении на первое место выступают техногенные условия, оказывающие значительное влияние на формирование подземного и поверхностного стока, на пути питания, транзита, разгрузки подземных вод, на развитие ЭГП.

Рельеф

Рельеф поверхности характеризуется большой сложностью. Абсолютные высоты изменяются от 276 м в районе оз. Перово до 2922 м – пик Грандиозный Восточного Саяна. Горная система представлена Восточным и Западным Саянами.

Восточный Саян вытянут в северо-западном направлении. Для него характерно сочетание обширных плоскогорий со среднегорьем и альпийским

высокогорьем при общем снижении высот с юга на север и с востока на запад. В пределах Восточного Саяна выделяются труднодоступные хребты. Одним из них является хребет Крыжина. К северу от него расположены небольшие хребты Кинзелюкский, Шиндинский с высотами до 1850 м.

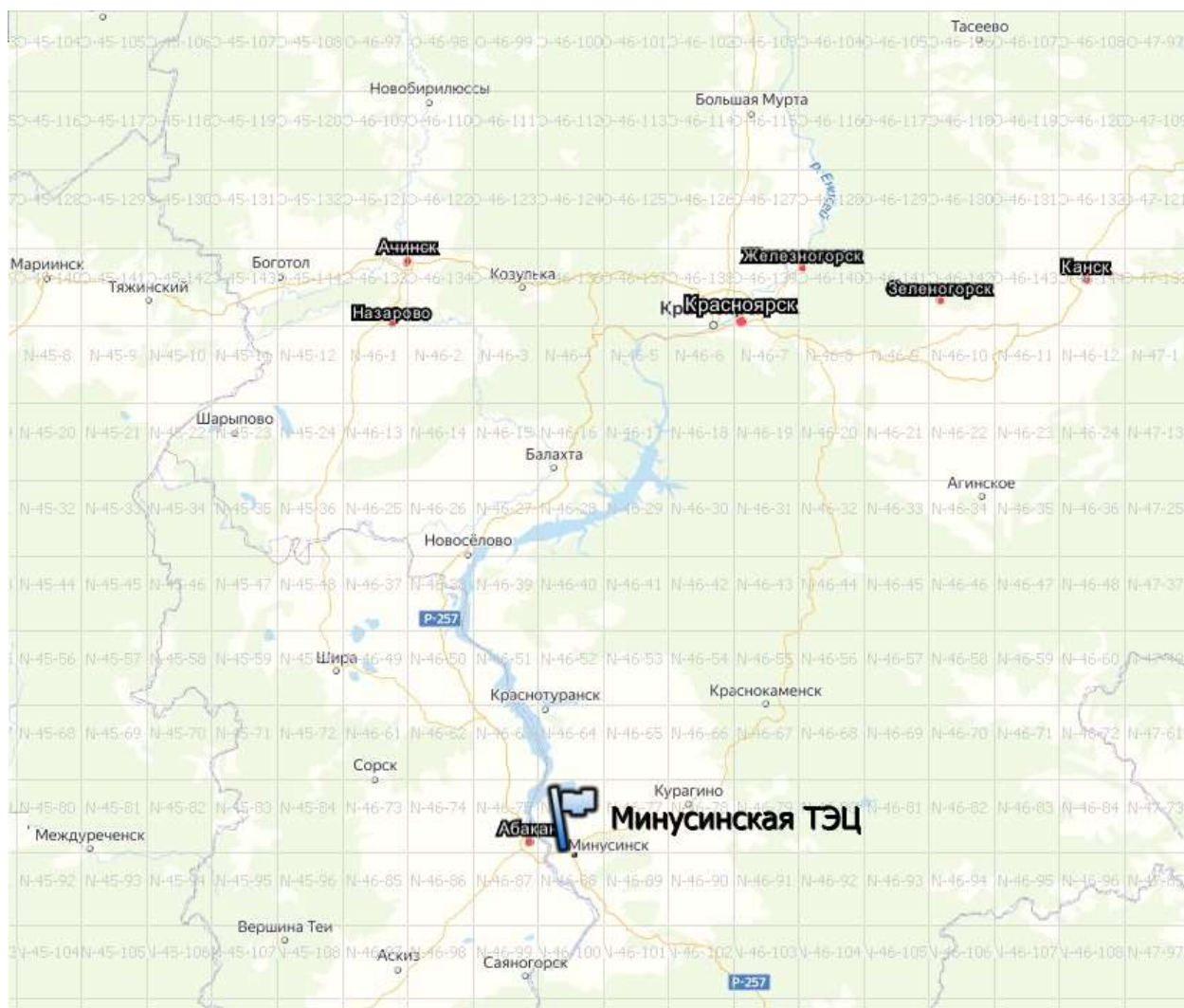


Рисунок 1.1 – Обзорная карта района работ – Минусинская ТЭЦ

Западный Саян простирается в широтном направлении от границы с Республикой Хакасия на западе до верховьев р. Казыр на востоке, где он соединяется с Восточным Саяном.

Между Западным, Восточным Саянами и р. Енисей расположена восточная правобережная часть Минусинской котловины, занятая территорией южных районов Красноярского края. Отроги гор вдаются в глубь

ее и разделяют на несколько впадин, имеющих самостоятельные названия: Южно-Минусинская, Сыдо-Ербинская, Северо-Минусинская (Чебаково-Балахтинская).

Рельеф Южно-Минусинской котловины разнообразный. Террасы рек Енисея, Тубы, Амыла сменяются холмисто-увалистым мелкосопочным рельефом с высотами до 500 м. Четкая граница между горами и равниной дна котловины не прослеживается. Равнина множеством «заливов» вдаётся в глубину горной системы Восточного Саяна. Для рассматриваемой территории характерен в основном лесостепной ландшафт, при приближении к горам сменяющийся на таежный. Обширные площади заняты грядами дюнных песков, покрытых сосновыми борами. Абсолютные отметки поверхности 276-703 м. Максимальные отметки 584-703 м характерны для местных водораздельных участков.

Северо-Минусинская (Чебаково-Балахтинская) котловина на рассматриваемой территории занимает левобережье Красноярского водохранилища, и только небольшая ее часть находится на правом берегу. Здесь развит холмисто-грядовый и куэсто-грядовый денудационный рельеф. Гряды невысоких, с максимальными отметками вершин до 672 м, холмов и сопок чередуются с равнинными пространствами, участками занятыми березовыми «колками».

Климат

Особенности географического положения территории, рельефа (высокие хребты, межгорные котловины) определяют ее климатический режим. Климат характеризуется как резко континентальный с низкой степенью суровости, с теплым летом и умеренно суровой зимой. Продолжительность периода с устойчивыми морозами составляет 125-137 дней. Морозы наступают около 10 ноября и заканчиваются приблизительно в середине марта. Средняя месячная температура воздуха очень резко понижается от октября к ноябрю (табл. 1.1, рис. 1.2). Январь – наиболее

холодный месяц. Февраль по степным и лесостепным районам холоднее декабря. Больше всего дней с оттепелью в ноябре (9-10 дней) и марте (10-11 дней). Наибольшие суточные колебания температур воздуха характерны для марта. Зимой преобладает ясная погода со слабыми ветрами и морозами. Весна начинается в конце марта – начале апреля. Весенние месяцы апрель и май имеют в степных и лесостепных районах положительную среднемесячную температуру воздуха. В мае наблюдается от 12 до 17 дней с ночными заморозками в воздухе.

Обычно последние заморозки приходятся на конец мая – начало июня.

Местоположение территории определяет климатические особенности региона: по данным Минусинской метеостанции наиболее низкие участки Минусинской котловины характеризуются большими колебаниями температур, как в течение суток, так и года. Здесь много солнечных дней и мало выпадает осадков. Сухой континентальный климат котловины обусловил степной ландшафт. Более высокие участки представлены лесостепью. Годовое количество выпадающих осадков находится в пределах 257-489 мм (табл. 1.2).

Образование устойчивого снежного покрова в котловинах происходит 10-15 ноября. Зимний сезон отмечается большой сухостью. За этот период в степи выпадает всего 10% от годовой суммы осадков и в лесостепи – 11-17%. Снег в степи часто выдувается ветром, оголяя почву, тогда она промерзает до двух-трех метров.

Сезонное промерзание грунтов начинается в конце октября - начале ноября и продолжается до начала апреля. Грунты в Минусинской котловине в 2000г. промерзли на глубину 2,19-2,30 м. В горной части территории глубина промерзания меньше 0,6-1,25 м, имеется островная мерзлота.

Глубина промерзания зависит от экспозиции склона, залесенности, влажности грунтов, высоты снежного покрова, температуры воздуха.

Таяние снега происходит в конце марта в степной зоне и в начале апреля – в лесостепи.

Таблица 1.1 –Среднемесячная и среднегодовая температура воздуха на территории южных районов Красноярского края

Метеостанция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Котловина													
Минусинская													
1966-1975гг.	-20	-18,3	-7,2	3,9	10,4	17,1	19,6	16,5	9,6	1,4	-8,4	-19,3	0,4
1976-2002гг.	-17,64	-15,3	-6,28	3,67	11,64	17,5	19,91	16,97	9,77	2,22	-7,33	-14,06	1,75

В апреле – мае начинается оттаивание грунтов и заканчивается в основном в июне-июле. Весной увеличивается количество осадков. В степных районах за два весенних месяца их выпадает больше, чем за пять зимних. Однако их немного, от 40 до 80 мм, и в целом этот период является сухим. Поэтому для Минусинской котловины типичны засухи. Весной в степной и лесостепной зонах дуют сильные ветры, которые иссушают почву и вызывают пыльные бури.

Таблица 1.2 — Осадки по метеостанции Минусинская

Год	Среднее значение, мм.рт.ст.	Год	Среднее значение, мм.рт.ст.
1966	362	1985	74,9
1967	411	1986	306,9
1968	319	1987	384,5
1969	321	1988	322,4
1970	464	1989	306,4
1971	288	1990	324,1
1972	428	1991	344,8
1973	257	1992	489
1974	285	1993	297,8
1975	362	1994	7
1976	306,1	1995	479,7
1977	346,3	1996	433,7
1978	315,1	1997	312,6
1979	425,5	1998	350,5
1980	466,9	1999	364,5
1981	266,9	2000	351,5
1982	325,3	2001	395,5
1983	339	2002	463,3
1984	360,5		

В сентябре наступает осень. За два осенних месяца выпадает менее 20% годовых осадков. Преобладающими осенью являются юго-западные и западные ветры небольших скоростей. Таким образом, для территории юга края характерно увеличение увлажненности по мере удаления от котловин к горам, снижение температуры воздуха.

Анализ многолетних наблюдений на метеостанции Минусинская показывает, что в последнее десятилетие отмечается изменение некоторых основных гидрометеорологических показателей. Среднемесячная

температура января (самого холодного месяца) в 60-е – 70-е годы составляла – 20°C, а в 80-е – 90-е годы прошлого столетия – начало 2-х тысячных годов повысилась до – 17,6°C.

Повышение летних температур незначительное. Соответственно росту зимних температур растут и среднегодовые (с +0,4°C в 60-е годы до +1,7°C к настоящему времени). Очевидна тенденция к повышению не только температуры, но и атмосферных осадков. Отмеченные изменения связаны, вероятно, с воздействием локальных факторов, имеющих мощное влияние на окружающую среду. Сюда в первую очередь следует отнести создание водохранилищ в 60-е – 70-е годы прошлого столетия, существование которых за несколько десятилетий привело к перестройке не только влажностного режима, но и термодинамической обстановки в целом по территории.

Растительный покров и ландшафты

По характеру растительного покрова и всему комплексу природных условий территория принадлежит к Алтае-Саянской геоботанической области. Для Алтае-Саянской геоботанической области в целом характерно сочетание высоких горных хребтов с межгорными депрессиями, ясно выраженная высотная поясность, в которой ведущими выступают степной, горно-таежный и высокогорный лугово-тундровый пояса растительности, преобладание по занимаемой площади темно-хвойных таежных лесов и их производных фитоценозов, развитие в котловинах степных сообществ широкого диапазона: опустыненных, настоящих и луговых степей.

В целом по территории достаточно хорошо выражены три пояса: степной, лесной (горно-таежный) и высокогорный. Степень выраженности пояса, фитоценотическая насыщенность и высотные границы имеют свои особенности в конкретных мелких районах. Наибольшие площади принадлежат горно-таежному поясу, занимающему сплошь средневысотные горы и северные склоны низкогорий. В верхних горизонтах гор и в районах с повышенным количеством осадков широко распространена темнохвойная

тайга с преобладанием пихты сибирской, кедра сибирского и реже ели сибирской. В предгорьях большие площади заняты лиственничными (из лиственницы сибирской) и сосновыми лесами. В наиболее континентальных районах лиственница сибирская поднимается высоко по склонам, образуя верхнюю границу леса. Высота верхней границы леса зависит от географической широты расположения горных хребтов и степени континентальности климата. Выше всего она проходит в Юго-Восточном Алтае (2300-2400 м), а в северной части Кузнецкого Алатау спускается до 950 м. Вершины хребтов, превышающие верхнюю границу леса, относятся к высокогорному поясу, в растительном покрове которого сочетаются альпийские и субальпийские луга с различными формациями высокогорной тундры.

Большую часть межгорных котловин занимают почвы и растительность степного пояса. По южным склонам хребтов степные формации поднимаются высоко в горы, в наиболее континентальных районах достигая верхней границы леса. Степной пояс значительно больше других подвергся сельскохозяйственному освоению.

В соответствии с почвенно-растительными поясами выделено пять ландшафтных типов климата: подпояс темнохвойных лесов, подпояс светлохвойных лесов, горная лесостепь, настоящая и сухая степи. Каждый ландшафт формируется в свойственных только ему климатических условиях и ограничен определенными пределами гидротермического режима.

Современный ландшафт в основном обусловлен формами макрорельефа. По склонам горных хребтов широко распространены леса. На больших пространствах Минусинской котловины как в Приабаканской, так и в Июсо-Ширийской степи на месте широко распространенных в прошлом степных формаций располагаются посевы зерновых. Целинные участки степей в настоящее время оттеснены на склоны различной крутизны.

Гидрография

Гидрографическая сеть территории принадлежит бассейну р. Енисей.

Горные районы характеризуются хорошо развитой речной сетью, густота которой здесь в среднем составляет $0,3 \text{ км/км}^2$, и, как правило, возрастает с высотой до $0,5-0,7 \text{ км/км}^2$. Долины рек имеют ступенчатый продольный профиль. В верховьях реки довольно спокойно протекают в трогах, сменяющихся затем узкими каньонообразными долинами, где реки превращаются в бурный поток. Боковые притоки, обычно протекающие в висячих долинах, сбрасывают свои воды в главные реки.

Средний годовой сток распределяется весьма неравномерно (табл. 1.3). Реки, текущие по котловине, характеризуются минимальными величинами годового стока от $0,8 \text{ л/с с } 1 \text{ км}^2$ (р. Биря) до $1,31 \text{ л/с с } 1 \text{ км}^2$ (р. Минусинка).

Химический состав речных вод зависит от высотных условий, геологического строения, климата, почв. Воды горных рек, в питании которых значительную роль играют высокогорные снега, имеют гидрокарбонатный кальциевый состав и очень низкую (до $0,1 \text{ г/дм}^3$) минерализацию. Воды рек, текущих по котловине, более минерализованы. Величина минерализации составляет $0,3-0,6 \text{ г/дм}^3$, солевой состав более разнообразен.

Река Енисей, главная водная артерия территории, практически на всем протяжении зарегулирована построенными водохранилищами: Красноярским, Саяно-Шушенским, Майнским общей протяженностью около 402 км. Лишь на участке от д. Сизая Шушенского района до д. Быстрая Минусинского района река сохраняет естественное русло протяженностью 120 км. Часть акватории водохранилищ на левобережье принадлежит территории Республики Хакасия, на юге – Республике Тыва (Саяно-Шушенское водохранилище – 77 км).

Таблица 1.3 — Основные характеристики речного стока

Река, местоположение поста	Площадь водосбора, км ²	Характерные расходы, м ³ /с			Годовая амплитуда колебаний уровня, см	Модуль стока, л/с*км ²		Доля минимального среднегодового модуля стока от среднегодового, %
		среднегодовой	наибольший	наименьший		среднегодовой	Минимальный среднегодовой	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Бассейн реки Енисей								
р. Ус, п. Арадан	1260	43	529	4,4	176	34,1	3,5	10
р. Ус, д. Усть-Золотая	6110	76	883	7,66	181	12,4	1,2	10
р. Нижняя Буйба	179	5,65	67,9	0,76	-	31,6	4,2	2
р. Араданка, п. Арадан	217	5,25	64,6	0,67	118	24,2	3,1	13
р. Голубая, п. Голубая	185	1,51	13,9	0,24	95	11,2	1,8	16
р. Большая Шушь, с. Иджа	531	3,8	25	0,41	192	7,16	0,8	11
р. Оя, с. Ермаковское	2540	33,8	224	4,33	204	13,3	1,7	13
р. Мигна, с. Мигна	121	1,15	16,1	0,15	-	9,5	1,2	13
р. Кебеж, с. Григорьевка	1000	18	162	1,7	157	18	1,7	9
р. Низкозыпка, д. Верхний Кебеж	89,7	0,58	9,19	0,047	256	6,47	0,52	8
р. Минусинка, г. Минусинск	176	0,23	8,22	0,019	-	1,31	0,11	8
р. Туба, с. Бугуртак	31800	762	5047	86,6	392	24	2,7	11
р.Казыр, п. Казыр	9160	251	2110	21,4	619	27,4	2,3	8
р.Казыр, с. Таяты	11900	308	2400	29,4	383	25,9	2,5	10
р. Канзыба, п. Краснокаменск	130	2,12	33	0,15	-	16,3	1,2	7
р. Тюхтяты, м.п. Тюхтяты	310	4,95	36	0,78	130	16	2,5	16

Окончание таблицы 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
р. Кизир, с. Имисское	9080	246	1830	29,6	246	27,1	3,3	12
Р. Джебь, п. Джебский Мост	956	15,3	183	1,97	229	16	2,1	13
р. Амыл, п. Верхний Амыл	537	9,76	95,3	1,26	133	18,2	2,4	13
р.Амыл, с. Верхний Кужебар	5270	142	1170	16	268	26,9	3	11
р.Амыл,с.Качульк а	9850	214	1460	27,4	303	21,7	2,8	13
р. Шадат, м.п. Усть-Шадат	1680	45,4	353	6,24	259	27	3,7	14
р. Копь, д. Черепановка	959	16,3	172	1,59	268	17	1,66	10
р.Биря, с.Лебяжье	238	0,19	19,4	0,032	-	0,8	0,13	16
р. Сыда,с. Отрок	1480	18,1	181	1,53	194	12,2	1,03	8
р. Хабык, с. Никольское	428	3,19	39,4	0,18	166	7,45	0,42	6
р. Кома, с. Черная Кома	504	1,55	16,7	0,31	126	3,06	0,6	20
р.Сисим, п.Сисим	294	6,24	46,6	1,35	114	21,2	4,6	22
р. Сисим, п. Березовая	2810	35,8	284	5,49	199	12,7	1,95	15

В аномальный 2001 г. в Минусинской впадине весеннее половодье началось на 3-8 дней раньше нормы.

В пределах территории находятся многочисленные озера. Размеры их различны. На площади Минусинской котловины озера в большинстве своем засолены. Наиболее известные озера Тагарское и Сухое Озеро. Встречаются здесь озера с пресной водой и небольших размеров – озера Малое Кызыкульское, Большое Кызыкульское, Карасево и др.

Поверхностные воды, взаимодействуя со всеми компонентами геологической среды, являются мощным фактором, формирующим и природную обстановку. Особенно тесная связь проявляется с подземными водами. В условиях расчлененного рельефа речная сеть является дренажной системой для водоносных горизонтов и комплексов. Во многих случаях

поверхностные водотоки являются источниками питания подземных вод. Особенно важную роль они играют в формировании эксплуатационных запасов первого от поверхности и чаще всего используемого для водоснабжения четвертичного аллювиального водоносного горизонта.

1.2.2. Техногенные факторы

В результате хозяйственной деятельности на поверхность земли попадают и скапливаются огромные количества различных веществ антропогенного происхождения. К ним относятся промышленные, коммунальные, сельскохозяйственные отходы, нефтепродукты и др. Загрязняющие вещества, в процессе инфильтрации со сточными водами, атмосферными осадками, проникают в подземные воды, формируют их качественный состав в сторону его ухудшения.

Другими причинами, приводящими к ухудшению состояния подземных вод, являются: их отбор для целей водоснабжения, водопонижение при эксплуатации месторождений полезных ископаемых, строительстве и др. В результате происходит не только изменение качественного состава вод, но и изменение уровней подземных вод, направление их потока, истощение и сработка запасов. В данном случае в продуктивный водоносный горизонт, комплекс могут вторгаться загрязненные воды других горизонтов или поверхностные воды. При работе инфильтрационных водозаборов в случае загрязнения речных вод будет происходить их внедрение в эксплуатируемый водоносный горизонт. При поступлении сточных вод в водоносный горизонт может происходить подъем уровней подземных вод, пополнение их запасов за счет загрязненных вод. Как правило, под таким воздействием в первую очередь находятся подземные воды первых от поверхности водоносных горизонтов, комплексов, оказывается затронутым важный для жизнеобитания слой. Так из-за нарушения гидродинамических условий распространения подземных вод периодически подвергаются подтоплению территории г.

Минусинска, с.с. Лугавское, Новотроицкое, район Минусинской ТЭЦ. Изменение гидрохимических условий сказывается на загрязнении подземных вод и ухудшении их качества, что приводит к сокращению запасов качественных пресных подземных вод, используемых для водоснабжения и, следовательно, способствует их истощению. Очаги загрязнения подземных вод выявлены в районе комбината «Ангара» Курагинского района, на территории Минусинской ТЭЦ и ОАО «ЭЛКО», ДРСУ-10 в г. Минусинске. Выходят из строя водозаборные скважины, где выявлено загрязнение подземных вод нитратами, нефтепродуктами, увеличена жесткость общая (с.с. Новотроицкое, Николо-Петровка, Прихолмье, Знаменка, Быстрая Минусинского района, с.с. Лебяжье, Восточное, Диссос, Саянск, Метихово, Кара-Беллык, Листвягово, Тубинск Краснотуранского района, р.ц. Курагино, р.ц. Каратузское, р.ц. Ермаковское). Проблематичны к использованию подземные воды для водоснабжения р.ц. Новоселово. Отступление береговой линии Красноярского водохранилища от водозаборного участка способствует прекращению поступления в водоносный горизонт пресных инфильтрационных вод водохранилища и подтягивание водозаборной скважиной подземных вод с повышенной минерализацией, общей жесткостью и большим содержанием сульфатов.

Таким образом, воздействие техногенных факторов на подземные воды привело к формированию гидродинамических и гидрохимических условий подземных вод, отличных от их естественного состояния, на многих участках территории южных районов Красноярского края.

1.3. Структурно-геологические, инженерно-геологические условия

1.3.1. Геологическое строение

В соответствии со схемой разграфки территории Российской Федерации на серии листов Государственной геологической карты масштаба 1:200 000, составленной ВСЕГЕИ в 1993 г., территория южных районов

Красноярского края находится в пределах границ Минусинской серии, легенда которой разработана в 1991-1993 гг. По материалам к разработке легенды, а также с привлечением материалов по гидрогеологическому и инженерно-геологическому доизучению с геоэкологическим картированием масштаба 1:200 000 листа N-46-XX ниже приводится геологическое строение рассматриваемой территории.

В пределах района находятся значительные фрагменты трех крупных структурных единиц Саяно-Алтайской складчатой области: горно-складчатых сооружений Западного Саяна и Восточного Саяна, сложенных протерозойско-раннепалеозойскими породами, а также Минусинского межгорного прогиба, выполненного отложениями среднего, верхнего палеозоя и кайнозойскими образованиями. Фрагменты каледонских структур Западного Саяна и Восточного Саяна слагают нижний структурный этаж, фрагменты герцинского Минусинского межгорного прогиба формируют систему впадин, наложенных на складчатое основание нижнего этажа и образующих верхний структурный этаж.

Начиная с плиоцена (N2) и на протяжении всей четвертичной системы на территории существенно проявились движения неотектонического этапа тектогенеза. Широкое развитие, особенно в горных районах, получила разрывная тектоника.

Возрастной диапазон стратифицированных образований охватывает период от раннего рифея до голоцена включительно.

Рифейские образования развиты в Западно-Саянской и Восточно-Саянской структурно-формационных зонах (СФЗ). Состав отложений вулканогенно-туфогенный и карбонатный. Общая мощность отложений 13000 м.

Отложения вендской системы развиты в Кизир-Казырской подзоне. Состав их преимущественно терригенно-карбонатный мощностью до 1000-2500 м.

Венд-нижнекембрийские образования представлены карбонатным и терригенно-сланцевым составом мощностью до 450-850 м.

Кембрийские отложения пользуются широким распространением на рассматриваемой территории, играя важную роль в структурах складчатых сооружений Западного Саяна и Восточного Саяна. Состав отложений преимущественно карбонатный, терригенно-карбонатный, частью терригенный с локальными проявлениями вулканизма. В структурах Западного Саяна преобладают вулканогенные разности. Основание разреза нижнекембрийских образований здесь слагают зеленокаменно-измененные эффузивы, туфы и туфогенно-осадочные породы, выше по разрезу встречаются единичные прослои и линзы известняков. Мощность отложений 2400-3900 м. Нижний, средний отделы кембрия представлены в различных структурно-формационных зонах. Это комплекс зелено-цветных вулканогенно-осадочных отложений с латерально выдержанной пачкой крупнозернистых аркозовых песчаников в середине разреза. Мощность комплекса от 300-600 м до 2100 м.

Нерасчлененные верхнекембрийские-среднеордовикские образования выделены в структурах Западного Саяна. Это мощный ритмично построенный комплекс терригенных отложений метаморфизованных от фации зеленых до метаморфических и кристаллических сланцев, гнейсов и лигматитов мощностью 6000-6500 м.

Фациально-разнообразные ордовикские отложения пользуются широким распространением в Западном Саяне. Состав комплекса терригенно-вулканогенный с маломощными прослоями и линзами известняков. Средне-верхнеордовикские отложения сложены ритмично переслаивающимися терригенными осадками, содержащими значительную долю кремнистых сланцев и терригенно-пирокластических пород мощностью до 4400 м. Верхнеордовикские образования представлены монотонной толщей ритмично

слоистых отложений: песчаников, алевролитов, аргиллитов, реже гравелитов и конгломератов с прослоями кремнистых сланцев. Мощность их до 4000 м.

Силурийские образования распространены на площади Западных Саян и представлены мощным (до 2800 м) латерально изменчивым комплексом карбонатных и терригенно-карбонатных отложений и ритмично переслаивающимися разномерными известковистыми песчаниками с подчиненными алевролитами и аргиллитами мощностью до 1300 м. Верхнесилурийские отложения мощностью до 2700 м составляют ряд небольших наложенных прогибов. Это терригенно-карбонатные толщи с прослоями эффузивов и туфов.

К нижнему отделу относятся широко развитые в пределах Минусинского межгорного прогиба (Минусинская СФЗ) красноцветные осадочно-вулканогенные образования мощностью от 400 м до 7500 м. Нижний средний отделы нерасчлененные развиты по всему Минусинскому межгорному прогибу, с глубоким размывом и угловым несогласием перекрывая нижнедевонские осадочно-вулканогенные образования и более древние отложения. Сложены отложения ритмично переслаивающимися красноцветными песчаниками, алевролитами, гравелитами и конгломератами, иногда аргиллитами, известковистыми алевролитами, базальными конгломератами. Характерно отсутствие проявлений вулканизма. Средний отдел представлен терригенными и терригенно-карбонатными отложениями мощностью до 1200 м. Верхний отдел сложен преимущественно терригенными отложениями общей мощностью до 2400 м.

Отложения нижнего карбона (турнейский ярус) широко распространены в пределах Минусинского межгорного прогиба, где они составляют ряд пространственно разобщенных мульдообразных структур. Отложения преимущественно туфогенно-пирокластического состава и общей мощностью 1650 м. Взаимоотношение с девонскими образованиями несогласные. Разрез расчленен на несколько свит, нижняя из которых

быстрянская, представлена зеленовато-желтовато-серыми туффитами, песчаниками, туфопесчаниками и туфоалевролитами, известняками, конгломератами. Цемент карбонатный. Мощность свиты 40-70 м. На крыльях положительных структур совместно с быстрянской свитой картируется алтайская свита, породы которой представлены песчаниками и туфопесчаниками кремово-розовыми или коричнево-розовыми с лиловыми корами выветривания; алевролитами, туфоалевролитами, туффитами зеленовато-серыми, темно-серыми, вишнево-серыми. Встречаются прослои известняков, гравелитов, аргиллитов. В литологическом разрезе долины р. Тубы мощность свиты 100 м. В приустьевой части р. Тубы выходят породы камыштинской свиты мощностью от 50 до 80 м, представленные песчаниками, туфопесчаниками, алевролитами, известняками, мергелями, гравелитами, туфами, эффузивами. В Тубинском разрезе отложения самохвальской свиты, представлены зелеными, желтыми, коричневыми туфогенными песчаниками, алевролитами, конгломератами, туффитами, туфами, редкими прослоями известняков мощностью до 200 м. Кривинская свита, распространена на площади повсеместно с отложениями предыдущей самохвальской. Сложена монотонной пачкой туфогенных пород и туффитов мощностью в Тубинском разрезе до 200 м.

В отложениях нижнего отдела каменноугольной системы (визейский ярус) выделяют соломенскую свиту, которая состоит из желтых, зеленых, вишневых туффитов и туфов, серых, зеленовато-серых известняков. Мощность свиты до 60 м в районе с. Нижняя Коя. В обрамлениях синклиналей и мульд картируется ямкинская свита, сложенная известковыми туфогенными породами, туффитами алевритовой и псаммитовой размерности, известняками мощностью 70-130 м. В прибортовых и центральных частях Листвяговской мульды на ямкинской свите согласно залегает байновская свита. В ее составе преобладают туфопесчаники и туфоалевропесчаники с относительно редкими и маломощными прослоями туфоалевролитов, алевролитовых туффитов,

туфопелитов, туфогенных глинистых известняков, линзами конгломератов. Преобладающая окраска пород – зеленовато-серая, мощность 80-140 м. В тех же структурах, в которых находится байновская свита, картируется подсинская свита. В ее составе туфоалевролиты и алевролитовые и алевропесчанистые туффиты, обычно с известковистым цементом. Мощность свиты изменяется от 120 м до 140 м.

Палеогеновые образования распространены в пределах Южно-Минусинской структурно-формационной зоны и представлены континентальными осадками различного генезиса – озерными, озерно-аллювиальными. По составу они представлены глинами с прослоями и линзами гравийно-галечных отложений. Сверху глинистая толща перекрывается мощной пачкой песков с редкими прослоями глин. Мощность палеогеновых осадков колеблется от первых метров на водоразделах рек до 350 м (разрез в районе с. Знаменка Минусинского района).

Неогеновые отложения представлены озерными, аллювиальными и аллювиально-пролювиальными осадками. Озерные глины имеют мощность 5-12 м, аллювиальные пески -7-20 м. Аллювиально-пролювиальные осадки мощностью 2-4 м представлены несортированными щебнистыми обломками с заполнителем в виде плохо сортированного песка.

Четвертичные отложения распространены по всей территории и представлены разнообразными генетическими типами во всем временном диапазоне системы.

Эоплейстоцен - нижний плейстоцен (нерасчлененный) представлен озерно-аллювиальными пылеватыми глинистыми песками мощностью от 15 до 25 м, болотными, связанными с озерами Тагарское, Кутужеково и др., черными илами мощностью 3-4 м с запахом сероводорода и субаэральными осадками мощностью 40 м в виде лессовидных суглинков и супесей.

Нижний плейстоцен представлен аллювиальным комплексом в виде гравийно-галечных отложений, сверху перекрытых разнозернистыми песками с невыдержанными прослоями и линзами относительно чистых глин.

Средний плейстоцен представлен субэральными лессовидными суглинками и супесями с прослоями погребенных почв. Осадки карбонатизированы, уплотнены.

Субэральные отложения верхнего плейстоцен-голоцена (нерасчлененного) представлены супесями, реже суглинками с прослоями погребенных почв. Отложения бесструктурные, мощность их изменяется от 7 м до 30 м.

Голоценовые отложения представлены несколькими генетическими типами. Русловый и пойменный аллювий горных рек сложен преимущественно грубообломочными галечниковыми и валунно-галечниковыми отложениями различной степени окатанности при незначительной роли песков и песчано-глинистых разностей. Современный аллювий межгорных котловин представлен песками, супесями, галечниками, суглинками, глинами. Отложения озерных котловин представлены слоистыми илами, песками, глинами, иногда торфяниками. На засушливых участках распространены плохо сортированные суглинисто-щебнистые отложения временных водотоков. Во многих случаях в предгорьях и внутренних частях межгорных котловин отложения различного генезиса формируют сложно построенные полифациальные комплексы. Мощность отложений от 1,0 м до 41 м.

Интрузивные породы различного состава (от ультраосновных до кислых и щелочных) и отличающиеся по возрасту (от раннего рифея до перм-триаса включительно) распространены в пределах горных систем Западного Саяна и Восточного Саяна. Занимаемые интрузивными породами площади довольно значительны и составляют 40-50% территории горных районов.

1.3.2. Инженерно-геологические условия

Минусинская впадина состоит из Южно-Минусинской, Сыдо-Ербинской и Северо-Минусинской впадин. В их строении много общего. Они ориентированы в северо-северо-западном направлении. Строение впадин асимметричное. Сложены в основном континентальными вулканогенными и терригенными породами, а выше по разрезу карбонатными, красноцветными и серо-цветными угленосными молассами смятыми в пологие, простые складки. Возраст пород от нижнедевонского до каменноугольного, пермского.

В Южно-Минусинской впадине эти скальные породы перекрыты палеоген-неогеновыми слабосцементированными глинами, суглинками. Все скальные и слабосцементированные породы перекрыты нередко ленточными золовыми песками, супесями, лессами закрепленными, слабо закрепленными верхнеплейстоцен-голоценового возраста. В пределах Сыдо-Ербинской и Северо-Минусинской впадин золовые отложения менее распространены.

В современное время на территории Северо-Минусинской и Сыдо-Ербинской впадин эрозионно-денудационное холмисто-увалистое и куэстовое плато с глубиной расчленения 50-100 м. Мощность лессовидных супесей и суглинков от 1 до 20 м.

Из экзогенных процессов здесь развиты все виды эрозии, оползни, берегопереработка, просадки, суффозия.

Территория Южно-Минусинской впадины в современное время представляет собой эрозионно-денудационное плато с заливами, линзами эрозионно-аккумулятивной расчлененной равнины. Глубина расчленения до 50-200 м.

Покровными отложениями являются золовые лессы, супеси, пески, реже озерно-болотные илы, суглинки, глины. Первый комплекс пород размываем, перевиваем, возможно образование суффозионных, просадочных воронок. В поймах рек, в предгорных депрессиях отмечается заболачивание.

2 ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПЛОЩАДИ РАБОТ

2.1. Гидрогеологические условия

В соответствии с принятой системой гидрогеологического районирования территория относится к Саяно-Алтайской гидрогеологической складчатой области (ГСО) с порово-блоково-жильными и порово-жильными водами. В ее пределы частично входят следующие крупные гидрогеологические структуры II порядка: Алтае-Саянская ГСО, приуроченная к горным сооружениям Западного Саяна и Восточного Саяна, и Минусинская ГСО, принадлежащая межгорным впадинам. В свою очередь перечисленные ГСО подразделяются на гидрогеологические структуры более низкого порядка.

Алтае-Саянская ГСО включает структуры III порядка – Западно-Саянскую ГСО и Восточно-Саянскую ГСО.

Минусинская ГСО включает структуры III порядка – Южно-Минусинскую ГСО и Северо-Минусинскую ГСО.

Водоносный современный аллювиальный горизонт (aQ4) распространен в поймах крупных речных долин Енисея, Тубы, Оя и их притоков. На большей части территории Южно-Минусинской ГСО водовмещающими породами являются гравийно-галечниковые, иногда с отдельными валунами отложения с песчаным, гравийно-песчаным заполнителем, местами с прослоями и слоями супесей и суглинков. Отложения рыхлого сложения, нелитифицированы, обладают открытой пористостью, хорошо проницаемы. Ввиду отсутствия в кровле водонепроницаемых пород воды горизонта безнапорные со свободной поверхностью. Мощность горизонта колеблется от первых метров до 16,5 м, глубина залегания уровня подземных вод до 2-7 м. Коэффициенты водопроницаемости горизонта изменяются от 400 до 2000-4000 м²/сут, достигая на наиболее проницаемых участках 8800 м²/сут. Удельные дебиты водозаборных скважин достигают 26,7-52,2 л/с.

Питание горизонта происходит путем инфильтрации атмосферных осадков на площади его развития, инфильтрации речных вод при паводках, а также за счет разгрузки в него вод нижележащих горизонтов. Разгрузка вод горизонта происходит в поверхностные водотоки, дренирующие его в меженные периоды.

Подземные воды пресные с минерализацией от 0,2 до 0,5 г/дм³, гидрокарбонатные, по катионному составу преимущественно кальциевые.

Подземные воды горизонта являются основным источником водоснабжения г. Минусинска, р.ц. Курагино, Краснотуранска, Шушенского, а также многих населенных пунктов, расположенных в долинах рек.

Линейный модуль прогнозных эксплуатационных ресурсов для этого горизонта в долине р. Енисей составляет 507 л/с*км.

Слабоводоносный современный озерно-болотный горизонт (lhQ4) распространен в пределах озерных котловин (озера Тагарское, Кутужеково, Перово и др.). Водовмещающими являются торф, ил, песок, супесь, гравий. Вскрытая геологоразведочными скважинами мощность горизонта находится в пределах 2-8 м. Грунтовые воды безнапорные. Коэффициенты фильтрации незначительные, до 0,2 м/сутки, удельные дебиты скважин 0,05-0,5 л/с. Маломощный водоносный горизонт не выдержан по площади и самостоятельного гидрогеологического значения не имеет.

Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт (aQ) развит на площади речных долин, их надпойменных террас. Водовмещающими породами являются гравийно-галечниковые отложения с песчаным и супесчаным заполнителем. Мощность горизонта от 5 м до 35 м. Подземные воды безнапорные, со свободной поверхностью, глубина залегания уровня изменяется от 2,3 до 15,6 м. Водообильность горизонта, в связи с более супесчаным характером заполнителя, ниже, чем в вышележащем современном аллювиальном горизонте. Коэффициенты водопроницаемости здесь колеблются от 32 до 750 м²/сут, удельные дебиты скважин – от 0,33 до 8 л/с.

Питание грунтовых вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков на их площади распространения, взаимосвязи грунтовых вод с поверхностными, разгрузки нижележащих водоносных горизонтов. Разгрузка происходит дренирующим влиянием поверхностных водотоков и более проницаемого современного аллювиального водоносного горизонта.

Минерализация подземных вод различна и изменяется от 0,2 г/дм³ до 0,7 г/дм³, повышаясь на участках разгрузки нижележащих палеозойских гидрогеологических подразделений, содержащих соленоватые воды. По солевому составу воды гидрокарбонатные, иногда с существенной долей сульфат-иона, катионный состав различный.

На площадь распространения водоносного горизонта приходится основная доля техногенной нагрузки. В связи с этим горизонт интенсивно загрязняется промышленными, сельскохозяйственными бытовыми стоками. Наиболее часто отмечается повышенное содержание в воде нефтепродуктов, нитратов. Тем не менее, он также широко используется для децентрализованного технического и питьевого водоснабжения промышленных, сельскохозяйственных объектов, частного сектора. Модуль прогнозных эксплуатационных ресурсов горизонта составляет 3,4-4,2 л/с*км².

Водоносный нижнекаменноугольный терригенно-туфогенный комплекс (С1) на площади Южно-Минусинской ГСО и Северо-Минусинской ГСО имеет широкое распространение. Водовмещающие породы представлены достаточно однообразным чередованием туфогенно-пирокластических образований с подчиненным значением терригенных и карбонатных пород (туфы, туффиты, туфопесчаники, туфоалевролиты, песчаники, алевролиты, известняки, реже гравелиты и конгломераты). Подземные воды комплекса трещинного и пластового типов водопроницаемости, безнапорные по периферийным частям мульд. К центру мульд воды приобретают напорный характер. Высота напора достигает 80 м и уровень воды при вскрытии комплекса скважиной устанавливается на высоте +0,5 м (слабый самоизлив в

районе с. Малая Минуса Минусинского района и оз. Перово Шушенского района). В основном же уровни находятся на глубине от первых метров до 80 м от поверхности земли.

Водопроницаемость пород разнообразна и определяется степенью их трещиноватости. Дебиты скважин изменяются от 0,05 л/с до 6,1 л/с при понижении уровня воды от 0,23 м до 35-68 м. Колебания удельных дебитов находятся в пределах 0,003-5,7 л/с. Наибольшая водообильность комплекса отмечается в зонах тектонических нарушений. Коэффициенты водопроницаемости на таких участках равны 200-500 м²/сут. В районе с. Малая Минуса в породах этого комплекса на поверхность выходят восходящие Маломинусинские родники с общим расходом 50 л/с. Коэффициент водопроницаемости пород здесь составляет 2300 м²/сут, уровнепроницаемости – $1,5 \cdot 10^4$ м²/сут.

Солевой состав подземных вод разнообразен. Пресные гидрокарбонатные воды с минерализацией 0,2-0,8 г/дм³ отмечаются в долинах рек. В области междуречья Енисей-Туба распространены воды с невысокой минерализацией и сульфатно-гидрокарбонатным, хлоридно-гидрокарбонатным составом. Подземные воды широко используются для водоснабжения населенных пунктов. На площади распространения Маломинусинских родников разведано месторождение подземных вод «Мало-Минусинские родники» для хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Минусинска. Запасы подземных вод утверждены в ТКЗ по Красноярскому краю в количестве по категориям В – 4,5 тыс.м³/сут., С – 2,5 тыс.м³/сут. (протокол № 536 от 28.12.2001 г).

Водоносный верхнедевонский терригенный комплекс (D3) широко распространен на площади Южно-Минусинской ГСО и Северо-Минусинской ГСО. Водовмещающие породы представлены преимущественно терригенными красноцветными песчаниками, алевролитами с тонкими прослоями аргиллитов, известняков, гравелитов. Породы комплекса отличаются высокой степенью литификации, что обуславливает

преимущественно трещинный характер проницаемости. Породы комплекса имеют общую мощность 2200-2500 м, но достаточно изучена верхняя гидродинамическая зона глубиной до 200 м, которая в основном ограничена глубиной водозаборных скважин, и только на небольших участках при нефтегазопромысловых работах были изучены более глубокие горизонты (до 1254 м), и на участке Тагарского месторождения минеральных подземных вод была пробурена скважина 7 глубиной 450 м.

Дебиты скважин до 200 м изменяются от 0,13 до 8,1 л/с при понижении уровня 3-51 м, удельные дебиты при этом составляют 0,01-0,078 л/с. С глубиной проницаемость пород комплекса снижается. Скважина 7 глубиной 450 м на Тагарском месторождении имеет дебит 0,09 л/с при понижении уровня воды на 81 м, удельный дебит 0,0011 л/с, коэффициент водопроницаемости 0,5 м²/сут. Глубокие скважины при нефтегазопромысловых работах были еще с более низким дебитом – 0,04 л/с-0,014 л/с при понижении 843,7 м и удельном дебите 0,00016 л/с и характеризуют зону затрудненного водообмена.

Солевой состав подземных вод комплекса разнообразен. В пределах долин рек распространены пресные воды с минерализацией 0,4-0,9 г/дм³ и гидрокарбонатным, сульфатно-гидрокарбонатным составом. На остальной площади распространены солоноватые воды с минерализацией 1,3-3,2 г/дм³ и гидрокарбонатно-сульфатным, сульфатным, хлоридно-сульфатным составом. Катионный состав вод преимущественно натриевый, реже – магниевонатриевый.

На глубинах до 450 м развиты хлоридные натриевые воды с минерализацией 21 г/дм³ (Тагарское месторождение минеральных вод).

Зона затрудненного водообмена на глубинах 700-1254 м характеризуется развитием рассолов хлоридного натриевого состава с незначительным количеством сульфат-иона, кальция и магния с минерализацией 73-272,6 г/дм³. Здесь содержание Br в водах достигает 255 мг/дм³, J – 2,4 г/дм³.

Подземные воды комплекса имеют большое практическое значение для рассматриваемой территории. В ряде случаев они являются единственным источником водоснабжения сельских населенных пунктов. В районе озера Тагарское разведано Тагарское месторождение минеральных подземных вод, которые используются в лечебных целях Краевой больницей внелегочных форм туберкулеза «Озеро Тагарское» и санаторием «Сосновый Бор», а также на розлив ООО «Интерэкспорт». Запасы минеральных вод в качестве лечебно-столовых «без специфических свойств» утверждены ТКЗ 28.06.2001 г. по категориям В – 56 м³/сут., С1 – 104 м³/сут. (протокол № 522 от 28.06.2001 г. ТКЗ). Основной ионно-солевой состав подземных минеральных вод представляется следующими формулами:

$$M_{2,4-3,2} \frac{Cl_{43} - 65SO_4 22 - 43HCO_3 10 - 18}{(Na + K)65 - 82Mg8 - 14Ca8 - 15} pH_{7,4-8,4}$$

$$M_{1,7-3,1} \frac{SO_4 37 - 55Cl_{30} - 37HCO_3 15 - 23}{Mg_{35} - 53(Na + K)28 - 46Ca_{13} - 23} pH_{7,5-8,1}$$

Водоносный среднедевонский карбонатно-терригенный комплекс (D2) распространен на относительно небольшой площади Южно-Минусинской ГСО и правобережье Северо-Минусинской ГСО. Водовмещающие породы представлены песчаниками с прослоями алевролитов, известковистыми алевролитами, известняками. Степень водоносности комплекса слабо контролируется литологическим составом пород. В основном обуславливается развитием их экзогенной трещиноватости. Уровни подземных вод устанавливаются на глубинах от первых метров в пониженных местах рельефа до 96-115 м на возвышенностях. Водообильность комплекса в пределах изученных глубин (до 200 м) неравномерная. Часть водозаборных скважин имеет удельные дебиты 0,1-1,0 л/с, около 20% скважин характеризуется удельным дебитом 1-10 л/с. С увеличением глубины уменьшается приток и скорость фильтрации подземных вод.

Химический состав и минерализация подземных вод пестрые. В долинах рек преобладают гидрокарбонатные натриево-магниевые кальциевые

воды с минерализацией до $0,7 \text{ г/дм}^3$. Вне речных долин увеличивается доля сульфат иона и повышается минерализация до $2-3 \text{ г/дм}^3$. Месторождений подземных вод водоносного комплекса среднедевонских карбонатно-терригенных отложений на территории нет.

Локально слабоводоносная ниже-среднедевонская терригенно-вулканогенная зона (D1-2) распространена на участках структур Западно-Саянской ГСО и Восточно-Саянской ГСО на их границе с Южно-Минусинской ГСО и Северо-Минусинской ГСО. Водовмещающие породы представлены главным образом эффузивными образованиями, реже песчаниками и алевролитами. В эффузивных образованиях содержатся трещинные зоны выветривания и трещинные зоны тектонических нарушений, к которым приурочены подземные воды. Обводненность пород крайне неравномерна. Дебиты родников в основном не превышают $0,5 \text{ л/с}$, реже 1 л/с . Родники с более высоким дебитом, до $5-10 \text{ л/с}$, приурочены к зонам тектонических разломов. Дебиты скважин изменяются от $0,4$ до $2,1 \text{ л/с}$, реже до 8 л/с , удельные дебиты – $0,005$ до 1 л/с . Отдельные скважины безводны. Присутствие в разрезе прослоев песчаников увеличивает водообильность толщи. Воды комплекса в основном пресные гидрокарбонатные, из катионов преобладает кальций, реже магний и натрий. Содержание сухого остатка изменяется в пределах от $0,02$ до 1 г/дм^3 . Воды повышенной минерализации до $1,2 \text{ г/дм}^3$ встречаются на отдельных участках. Подземные воды ниже-среднедевонской зоны используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения сельскохозяйственных объектов.

2.2. Гидрогеохимические условия

Подземные воды территории весьма разнообразны по солевому составу, величине общей минерализации, отдельным гидрогеохимическим показателям. Это разнообразие определяется общими природными ландшафтно-климатическими и горно-геологическими условиями территории, количеством выпадающих атмосферных осадков и их соотношением с величиной испарения, расчлененностью рельефа,

обуславливающей интенсивность водообмена и степень дренирования пород водоносных комплексов и горизонтов, составом водовмещающих пород и наличием в разрезе легкорастворимых пород, приуроченностью водоносных коллекторов к определенным типам геолого-гидрогеологических структур (Северо- и Южно-Минусинская ГСО, Западно-Саянская и Восточно-Саянская ГСО), степени техногенного воздействия на подземные воды.

Характеристика качества подземных вод приводится по данным химических анализов проб воды, отобранных в период 2000-2003 гг. из скважин наблюдательной сети, а также из водозаборных скважин при их обследовании.

Воды водоносного современного аллювиального горизонта по своим природным характеристикам пресные, гидрокарбонатные с различным катионным составом, мягкие, умеренно жесткие, с минерализацией от 0,1 до 0,5 г/дм³. В долинах крупных рек величина их минерализации 0,1-0,2 г/дм³ (участок Минусинского водозабора на

Кузьминских островах, на участках водозаборов Минусинской ТЭЦ, ОАО «ЭЛКО» на Жульминском и Безымянном островах р. Енисей). На участках, удаленных от поверхностных водотоков, величина минерализации увеличивается до 0,5-0,7 г/дм³ (по наблюдательным скважинам и одиночным водозаборами на территории р.ц. Шушенское, Курагино). По солевому составу воды гидрокарбонатные с существенной долей сульфат-иона и различным катионным составом.

За пределами речных долин химический состав подземных вод зависит от геолого-структурных и ландшафтно-климатических условий, определяющих интенсивность обмена и состава водовмещающих пород. В пределах дренированных Западно-Саянской и Восточно-Саянской гидрогеологических складчатых областей, в условиях избыточного увлажнения, водовмещающие породы верхней гидродинамической зоны хорошо промыты, что предопределяет относительную однородность солевого состава подземных вод. В связи с этим в условиях горной и предгорной частей

территории формируются в основном пресные, нередко ультрапресные гидрокарбонатные воды (скважины наблюдательных постов Мигнинский, Черепановский, Оленья Речка). В водовмещающих интрузивных породах они магниевые-кальциевые, в водовмещающих песчаниках они также гидрокарбонатные, но более пестрые по катионному составу. Величина общей минерализации изменяется от 0,03 до 0,4 г/дм³.

По мере перехода от горной части территории к степной и лесостепной (структуры Северо- и Южно-Минусинской ГСО) уменьшается дренированность территории и интенсивность водообмена. Здесь доминирующую в формировании солевого состава подземных вод приобретает литологический состав водовмещающих пород. Подземные воды локально слабОВОдоносной нижне-среднедевонской терригенно-вулканогенной зоны, распространенные на стыке Западно-Саянской, Восточно-Саянской ГСО, на участках со слаботрещиноватыми породами имеют повышенную минерализацию до 1,3 г/дм³, увеличивается доля сульфат-иона (водозаборные скважины в урочищах с.с. Брагино, Заречное Курагинского района). Ближе к центральной части Южно-Минусинской ГСО воды более минерализованные, в несколько раз выше, чем в горных районах, содержание хлор- и сульфат-ионов (водозаборные скважины сс. Суходол, Кутужеково, Лугавское и др. Минусинского района).

Таким образом, при анализе данных солевого состава подземных вод в естественных природных условиях намечается горизонтальная гидрохимическая зональность. Но зависимость солевого состава от большого количества факторов участками нарушает эту зональность.

Анализ состава подземных вод, отобранных из глубоких скважин (скв. 7 глубиной 450 м в районе Тагарского месторождения минеральных подземных вод, а также скважины, пробуренной в этом же районе при поисковых работах на нефть), указывает также на вертикальную гидрохимическую зональность, которая проявляется в смене химического состава и увеличении минерализации подземных вод с глубиной независимо

от возраста и литологического состава водовмещающих пород. При этом до глубины 200 м (зона свободного водообмена) характеризуется наличием пресных и слабосоленых вод различного состава с минерализацией до 10 г/дм³. В интервале 200-500 м (зона затрудненного водообмена) воды соленые хлоридные натриевые с минерализацией около 20 г/дм³. Далее зона затрудненного и весьма затрудненного водообмена (глубина 2000 м) характеризуется наличием соленых хлоридных натриевых вод и рассолов с минерализацией до 276 г/дм³. При этом следует отметить, что анализ вертикальной гидрохимической зональности химического состава подземных вод проведен по данным одного участка, на котором пробурены скважины значительной глубины (до 2000 м). Возможно на других площадях территории южных районов Красноярского края ни мощность зон водообмена, ни величина минерализации, также как и солевой состав вод, не выдерживают приведенных характеристик.

Кроме естественных природных факторов на формирование солевого состава подземных вод значительное влияние оказывает техногенная деятельность.

Проблема техногенного загрязнения подземных вод для рассматриваемой территории является весьма актуальной. Анализ данных качественного состава вод по наблюдательной сети отмечает многочисленные факты загрязнения подземных вод на участках промышленных и автотранспортных предприятий, складов ГСМ, предприятий агропромышленного комплекса, жилищно-бытовых объектов.

По состоянию на 1.01.2003 г. на территории 77 очагов и источников загрязнения, многие из которых выявлены в 1985-1986 гг. и существуют до настоящего времени (таблица 2.9).

В Минусинском районе установлено 28 очагов загрязнения подземных вод. Здесь в районе Минусинской ТЭЦ в подземных водах выше предельно-допустимых концентраций (ПДК) в 1,5-7,9 раз содержатся нитриты, нефтепродукты, марганец, железо. Источник загрязнения – шламонакопитель

ТЭЦ и ее выбросы в атмосферу. Источником загрязнения является полигон захоронения токсичных отходов, промплощадка ОАО «ЭЛКО», с «помощью» которых в воде появилось нефтепродуктов, нитратов в 1,5-6 раз больше ПДК. В с. Шошино, «благодаря» объектам комбината «Ангара», в водозаборных колодцах в 1,5 раза превышают ПДК нефтепродукты. В объектных наблюдательных скважинах комбината выявляются слои нефтепродуктов на поверхности подземных вод. На территории г. Минусинска зафиксированы очаги загрязнения вод нефтепродуктами в районе практически всех автозаправочных станций ОАО «Красноярскнефтепродукт», существующих по несколько десятков лет.

Во многих сельских населенных пунктах всех восьми районов подземные воды загрязнены нитратами. Особенно чрезвычайная ситуация сложилась в селах Минусинского района: Новотроицкое, Знаменка, Прихолмье, Николо-Петровка, Кавказское, Быстрая, в водозаборных скважинах которых содержание нитратов выше ПДК для питьевых вод в 1,5-6 раз.

Таблица 2.1 — Данные о загрязнении подземных вод на территории золоотвала Минусинской ТЭЦ по состоянию на 01.01.2003 г.

Номер очага	Местоположение очага загрязнения	Источник загрязнения и его ведомствен- ная принадлеж- ность	Загрязненный водоносный горизонт (комплекс)		Загрязняющие вещества и показатели загрязнения	Концентрация, (значение показателя), мг/дм ³		Интенсив- ность загрязн- ения	
			Наименование	Пло- щадь, км ²		от	до	от	до
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5.13.	г. Минусинск	Шламонакопите- ль Минусинской ТЭЦ	слабоводоносный современный озерно-болотный		нитриты	26,0	-	7,9	-
					аммиак	11,0	17,5	5,5	8,75
					нефтепродукты	0,22	-	2,2	-
					марганец	0,15	0,38	1,5	3,8
Примечание: загрязнение выявлено по наблюдательным скважинам государственной сети									

3 МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

3.1. Сбор и анализ фондовой информации

Сбор материалов производился в Красноярском филиале ФБУ «ТФИ по Сибирскому федеральному округу, а также в Территориальном центре ГМСН. Собраны и проработаны отчеты по проведению гидрогеологических и инженерно-геологических исследований, ведению мониторинга подземных вод территории. Проведен анализ и систематизированы данные из отчетов.

3.2. Предварительное дешифрирование космоснимков

Дешифрирование космоснимков использовалось для решения следующей задачи: выделение предполагаемых очагов или потоков по поверхности из отстойника Минусинской ТЭЦ.

В качестве исходного материала были использованы снимки высокого разрешения интернет сервиса Google Maps, в котором есть возможность просматривать снимки по разным датам за разные годы. Для данной работы были выбраны снимки примерно в летне-осенний период за несколько лет. Для сравнения выбраны снимки за 2005, 2012, 2020 и 2021 гг.

По космоснимкам предполагалась выявить участки, на которых бы отмечался поверхностный сток из отстойника. Это может выражаться в наличии русел временных водотоков по направлению понижения рельефа от отстойника. Такие протечки могут происходить либо из-за размыва дамбы экранирующей поток, либо из-за фильтрации через породы, из которых она сложена.

Для начала автором был получен снимок с общим планом размещения объектов с помощью ресурса SAS.Planet (рисунок 3.1). На общем плане показано взаимное расположение Минусинской ТЭЦ и золоотвала (отстойника).

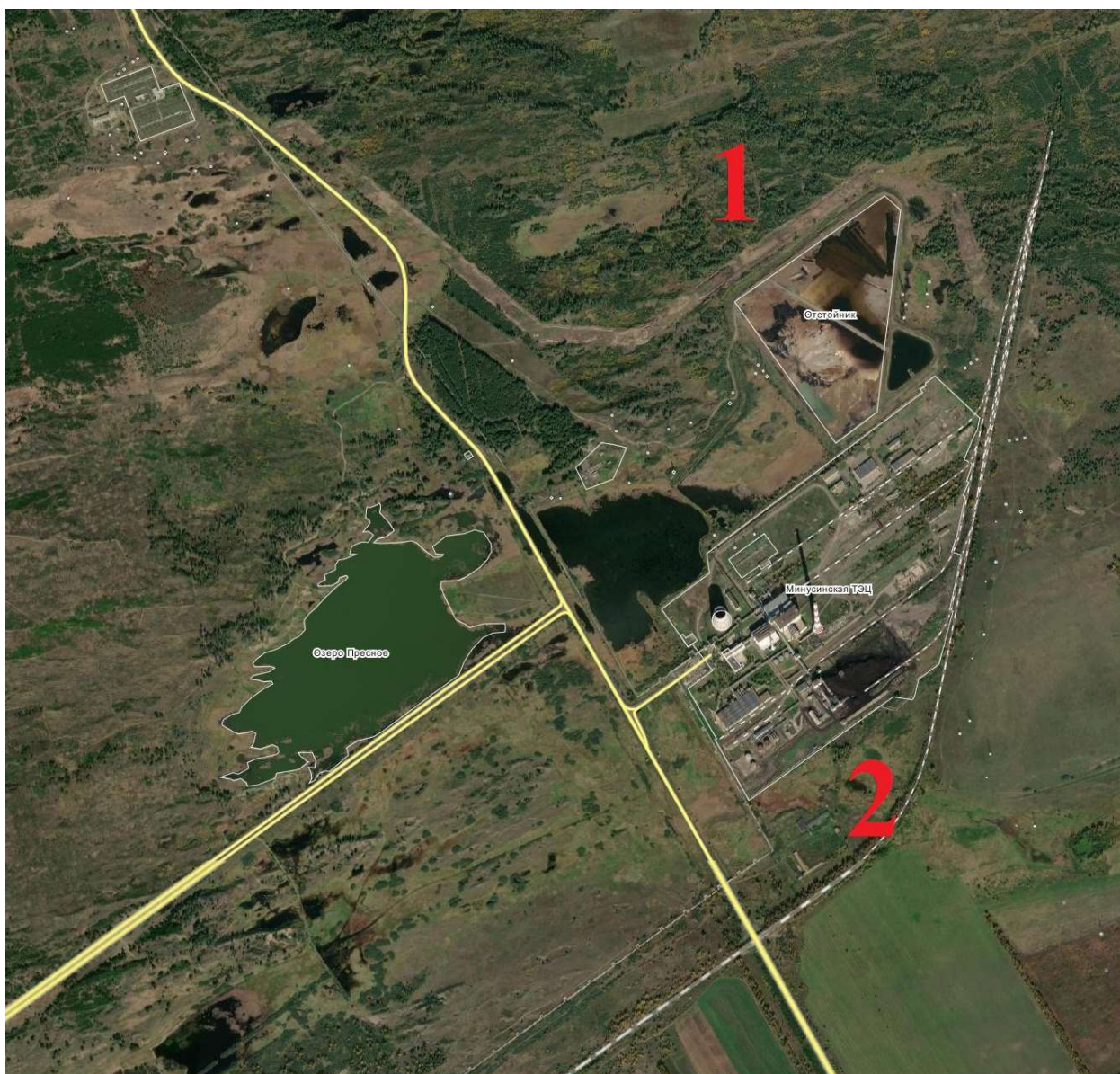


Рисунок 3.1 – Общая схема объектов Минусинской ТЭЦ

1 – отстойник; 2 – Минусинская ТЭЦ.

Следующим шагом были получены проанализированы детальные снимки участка отстойника за разные годы с 2005 г. по 2021 г. Полученные снимки показаны на рисунках 3.2-3.5.

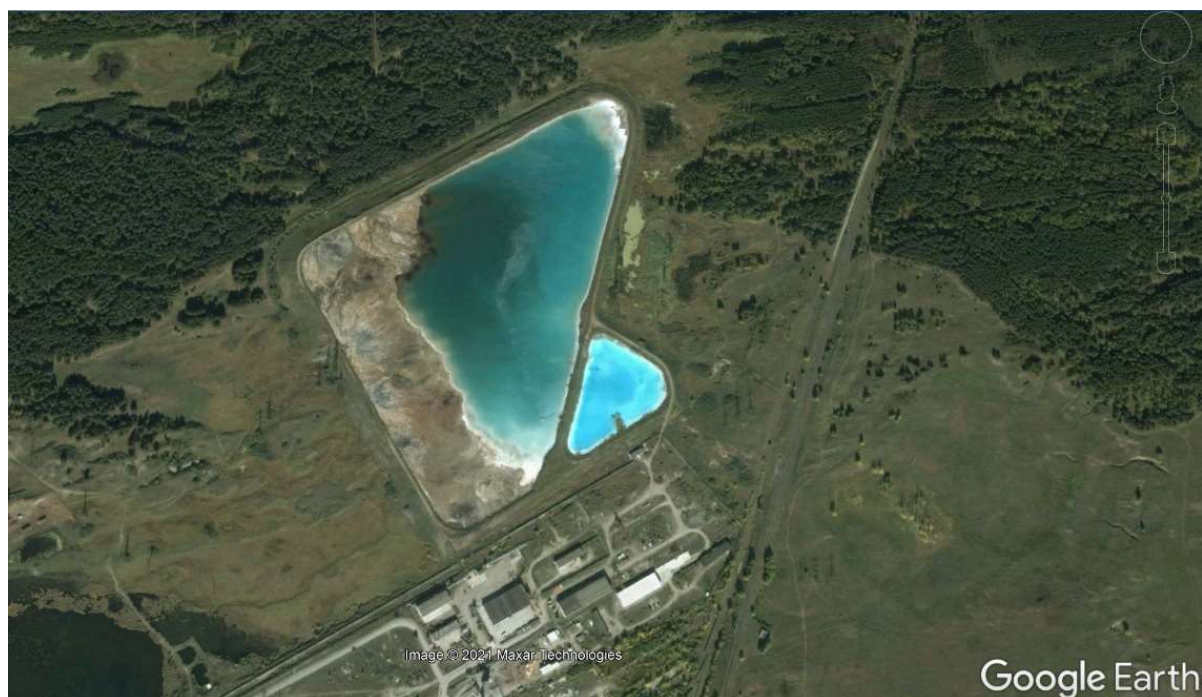


Рисунок 3.2 – КФС золоотвала Минусинской ТЭЦ в 2005 г



Рисунок 3.3 – КФС золоотвала Минусинской ТЭЦ в 2012 г



Рисунок 3.4 – КФС золоотвала Минусинской ТЭЦ в 2020 г



Рисунок 3.5 – КФС золоотвала Минусинской ТЭЦ в 2021 г

Выполняя анализ ситуации с целостностью дамбы по данным космоснимков, а также отсутствием видимых потоков вод из отстойника по поверхности земли, можно сделать вывод о том, что загрязнения путем перетекания через верх дамбы не происходило. Так как на космоснимках не

выделяются участка размыва дамбы или наличия временных водотоков по направлению снижения абсолютных отметок рельефа вниз от дамбы.

Данная методика позволила изучить состояние защитной дамбы вокруг золоотвала, которое характеризуется как удовлетворительное, а также сделать вывод об отсутствии загрязнения поверхностным стоком вод из золоотвала. Таким образом, при обнаружении загрязнения в наблюдательных скважинах вокруг золоотвала, в основном в скважинах на четвертичные отложения, необходимо будет относить их источник к возможной инфильтрации сквозь изоляционный слой отстойника и слагающих его дно отложений. Так как в процессе анализа космоснимков поверхностный источник проникновения загрязненных вод, авторами опровергнут.

Также хочется заметить, что для специально снимки не приобретались, а были использованы те, которые есть в свободном доступе в сервисах SAS.Planet и Google Maps.

3.3. Изучение режима подземных вод в районе Минусинской ТЭЦ

В 5-ти километрах от г. Минусинска расположены скважины наблюдательных постов Минусинская ТЭЦ. Они характеризуют состояние подземных вод локально водоносного четвертичного субэврального горизонта и водоносного нижнекаменноугольного терригенно-туфогенного комплекса в районе Минусинской ТЭЦ.

Изучение режима подземных вод было начато в 1972 году, когда западнее современной площадки ТЭЦ была пройдена наблюдательная скважина 419. Она относилась к государственной региональной опорной сети. Вскрыла водоносный нижнекаменноугольный комплекс, широко распространенный в районе Минусинска и являющийся одним из источников его снабжения чистой питьевой водой.

Непосредственно в районе промплощадки скважин с существенно не нарушенным режимом подземных вод две. Из них скважина 782, расположенная северо-восточнее золоотвала в 1200 м, вскрывает водоносные

отложения карбона. Скважина 922, пройденная на четвертичные отложения, находится примерно на таком же расстоянии севернее золоотвала.

Основные утечки воды на предприятии происходят из золоотвала. Это сооружение площадью 30 гектаров построено на расстоянии полутора километров от главного корпуса ТЭЦ, в эксплуатацию вступило в 1985 году. Оно окружено защитными дамбами высотой 15 метров. Для уменьшения утечек воды из него чаша и откосы золоотвала были покрыты противofiltrационным экраном, в качестве которого использовалась полимерная пленка.

Полимерное покрытие, уложенное небрежно, без плотного сочленения полотен, с последующим использованием в процессе работ в золоотвале тяжелой техники, вплоть до бульдозеров, позволило воде интенсивно фильтроваться. В следствие этого на участках, примыкающих к золоотвалу с северной, восточной и западной сторон произошло подтопление грунтов, в пониженных формах рельефа появились заболоченные участки и открытые водоемы, вдоль северного борта золоотвала побежал ручей.

Для оценки и контроля утечек из золоотвала на бортах сооружения в 1992 году были пробурены 6 наблюдательных скважин. Дальнейшие наблюдения за поверхностными и подземными водами показали, что фильтрация из золоотвала со временем существенно не уменьшилась. Мелкие родники около подножия его бортов не исчезли, расход появившегося от утечек ручья не уменьшился. Фильтрация воды через борта золоотвала, судя по данным режимных наблюдений по скважинам в многолетнем плане остается на прежнем уровне.

Среднегодовые уровни подземных вод в районе Минусинской ТЭЦ находятся на глубине 0,42-1,80 м при годовой амплитуде колебания 0,11-0,40 м. Наличие здесь золоотвала, отмечаемые утечки воды из него, привели к нарушению естественного баланса подземных вод. Происходит подтопление, заболачивание территории. В результате утечек воды из золоотвала образовались озера. В многолетнем плане уровень подземных вод здесь

повысился на 1,0-3,0 м. Повышению уровней подземных вод в 2003 г способствовало также выпавшее значительное количество атмосферных осадков. За этот год среднегодовые уровни подземных вод повысились на 0,16-0,71 м.

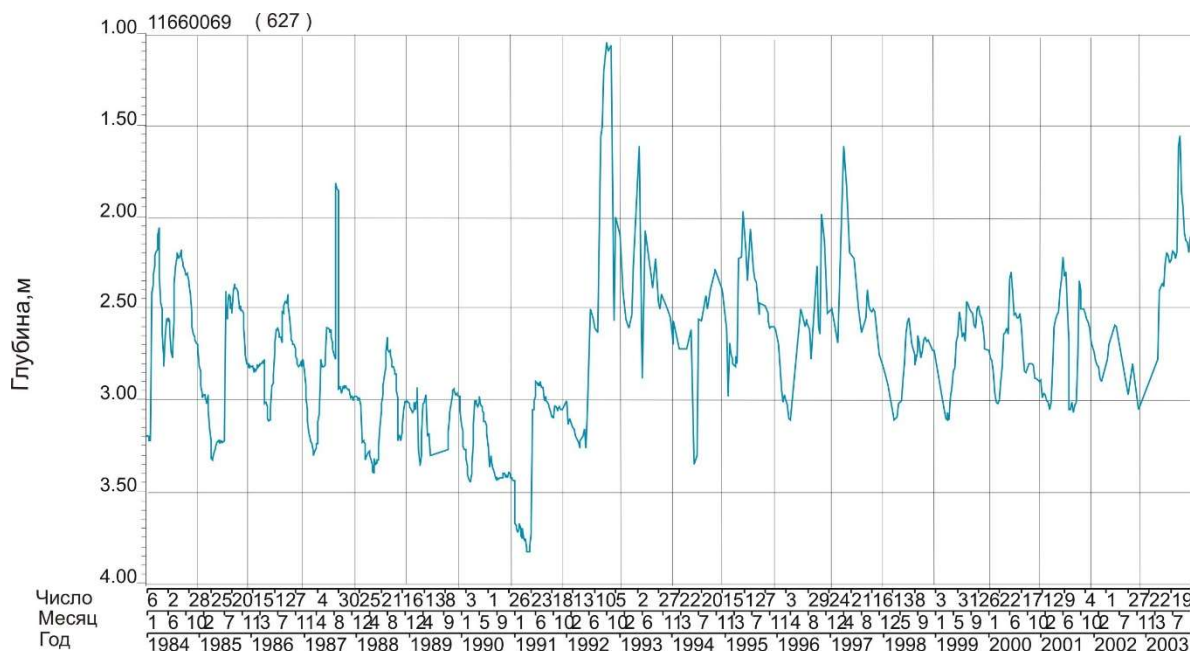


Рисунок 3.6 – Многолетний график изменения уровня подземных вод по скважине 627 поста «Минусинская ТЭЦ»

3.4. Карта-схема гидроизогипс территории золоотвала Минусинской ТЭЦ

С целью уточнения направления потока подземных вод на участке изучения были построены гидроизогипсы.

Автором было выполнено построение пьезометрической поверхности с использованием программного обеспечения ArcGIS с соответствующими модулями. Для построения поверхности подземных вод использованы абсолютные отметки скважин, а также данные режимных наблюдений статических уровней по скважинам.

Исходные данные для вычисления гидроизогипс представлены в таблице 3.2. С учетом количества исходных данных, было принято решение по детализации с шагом в 1 м (рисунок 3.7). Данная созданная

гидродинамическая основа отражает направление потока подземных вод – с северо-востока на юго-запад в сторону р.Енисей.

Таблица 3.1 – Данные для построения карты-схемы гидроизогипс

№ п/п	№ скважины	Абсолютная отметка устья/ выхода, м	Абсолютная отметка уровня подземных вод, м
1	781	291	288,9
2	787	294	293,3
3	782	311	296,7
4	786	290	288,5
5	783	290,32	289,12
6	785	290,74	288,6
7	777	289,36	287,1
8	778	297,90	295,5
9	779	298,76	293,96
10	780	291,32	289,7
11	922	300	295,67
12	П-1	300	289,6
13	П-2	300	289,3
14	П-3	300	289,35
15	П-4	300	292,4
16	П-5	300	294
17	П-6	300	294,1

3.5. Оценка состояние подземных вод в районе золоотвала Минусинской ТЭЦ по данным объектного мониторинга

Отбор проб в районе золоотвала Минусинской ТЭЦ производится в соответствии с графиком контроля природных и сточных вод из скважин наблюдательной сети в районе золоотвала, а также из поверхностных вод оз. Пресное, Головино, обводного канала.

Интерпретация аналитических данных проводилась путем сравнения их фоновыми показателями, в качестве которых приняты результаты анализа воды из скважин с наименее измененным режимом – 922 и 781. Математическая обработка аналитических материалов включала определение коэффициента концентрации (K_c), суммарного показателя химического загрязнения (Z_c).

Коэффициент концентрации - это показатель кратности превышения содержаний химических элементов в точке опробования (C_i) над его средним фоновым содержанием (\bar{C}) и определяется по формуле:

$$K_c = C_i / \bar{C} \quad (3.1)$$

где K_c – коэффициент концентрации;

C_i – концентрации элементов в почво-грунтах или донных образованиях;

\bar{C} – фоновые концентрации элементов.

Суммарный показатель загрязнения представляет собой сумму превышений коэффициентов концентраций химических элементов, накапливающихся в аномалиях:

$$Z_c = K_{c1} + \dots + K_{cn} - (n-1) \quad (3.2)$$

где Z_c – суммарный показатель загрязнения;

K_{ci} – коэффициент концентрации i -го загрязняющего компонент;

n - число определяемых элементов.

На основе суммарного показателя загрязнения (Z_c) автором составлена карта загрязнения подземных вод в районе золоотвала Минусинской ТЭЦ. По

сравнению с фоновыми показателями среднее, сильное и максимальное загрязнение подземных вод наблюдается по периметру от золоотвала.

На карте показаны значения суммарного показателя загрязнения Z_c , цветом обозначены уровни загрязнения.

По пьезометрам и наблюдательным скважинам наблюдается выше фонового содержание (мг/дм^3): фенолов (от 0,002 до 0,023, фон 0,0015), железа (до 0,835, фон 0,137), марганца (до 1,13, фон 0,081), свинца (до 0,00555, фон 0,001), никеля (до 0,024, фон 0,0006), алюминия (до 0,044), стронция (от 0,062 до 0,902 при фоне 0,305), меди (до 0,058, фон-0,028), цинка (до 0,072 при фоне 0,008), сульфатов (до 296,48 при фоне 52,86), хлоридов (до 67,27, при фоне 4,08), нефтепродуктов (до 0,293 при фоне 0,05), жесткости, АПАВ (до 0,024, фон 0,018), рН. Уровень подземных вод в наблюдательных скважинах находится близко к поверхности - 1,5-2,5 м. В поверхностных водах озер и обводного канала выше фонового содержания: стронция (от 0,539 в верху канала до 0,721 оз. Пресное), никеля (до 0,0035 вверху канала), свинца (от 0,0015 оз Головино до 0,0004 низ канала), цинка (до 0,017-0,053 в оз. Пресное и Головино), фенолов и нефтепродуктов.

Проведенные исследования говорят о том, что загрязнение водной среды в районе ТЭЦ происходит довольно интенсивно, оно уже приняло площадной характер, распространяется вниз по потоку подземных вод в сторону р.Енисей в соответствии с региональным направлением потока подземных вод южнее г.Минусинска.

Это проявляется в нарушении естественного водного режима рассматриваемой территории и загрязнении водных источников.

По сравнению с фоновыми показателями среднее, сильное и максимальное загрязнение подземных вод наблюдается по периметру от золоотвала.

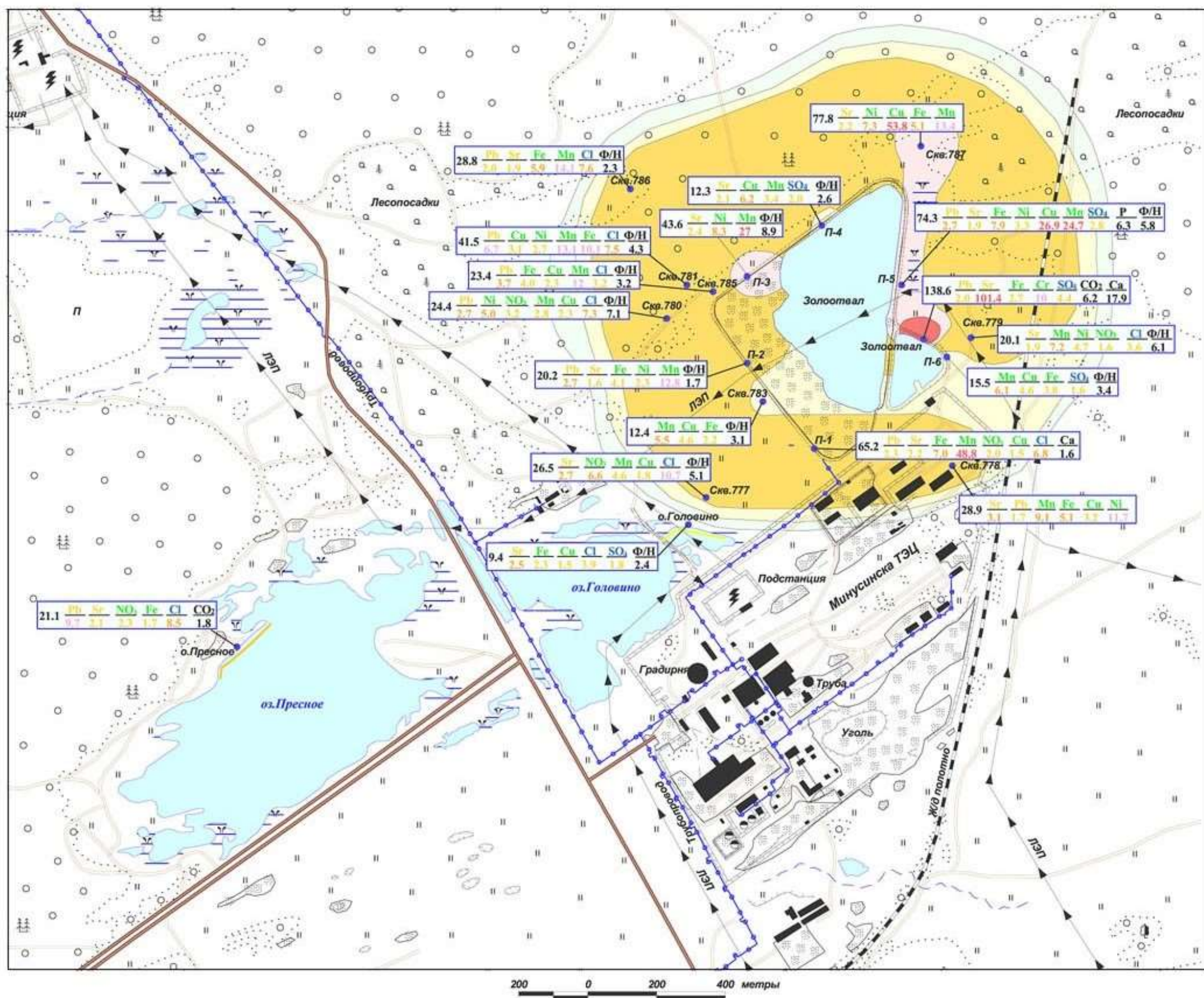



Рисунок 3.8 – Карта загрязнения подземных вод

Условные обозначения



Скв.777

 Точка отбора пробы







Загрязнения подземных вод

	Минимальное $Z_c < 8$
	Слабое $8 < Z_c < 16$
	Среднее $16 < Z_c < 32$
	Сильное $32 < Z_c < 128$
	Максимальное $Z_c > 128$

Загрязнение поверхностных вод








	Слабое $8 < Z_c < 16$
	Среднее $16 < Z_c < 32$

Обозначения в псевдоформуле






26.5						
	Se	NO ₃	Mn	Cu	Cl	Ф/Н
	2.7	6.6	4.8	1.8	10.7	5.1

Над чертой элементы и вещества, цветом указан класс опасности: красный - 1й, желтый - 2й, зеленый - 3й, голубой - 4й, черный - класс опасности не определен. Под чертой их коэффициенты концентраций, цветом обозначен уровень опасности: красный - максимальный, оранжевый - сильный, желтый - средний, зеленый - слабый, черный - не определен. Цифра перед дробью - Z_c

Линейные объекты

	Шоссе
	Полотно старой ж/д
	Дороги
	ЛЭП
	Тротуары
	Трубопроводы
	Заборы, ограды
	Насыпи
	Границы растительности

Площадные объекты

	Водная поверхность
	Пустыри, открытые грунты
	Здания, сооружения
	Болота
	Поля, пашни

Обозначения растительности






	Камыш, осока
	Невысокая трава
	Лесопосадки
	Лес
	Пустыри, открытые грунты

Рисунок 3.9 – Условные обозначения к карте загрязнения подземных вод

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- организовать работы по научному исследованию;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

4.1. Предпроектный анализ

4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Данная работа посвящена изучению мониторинга состояния подземных вод района золоотвала Минусинской ТЭЦ. В современном мире оценка влияния промышленных объектов на подземные воды в связи с их, в основном, негативном воздействии, ставится одной из важнейших задач. Также большое влияние оказывает и последующие действия предприятий,

которые организуют золоотвалы и необходимо контролировать не только на стадии заполнения их, но на всем жизненном цикле. Таким образом, основным потребителем исследования могут быть как руководство самой ТЭЦ, так и органы управления г.Минусинска и Красноярского края.

С ростом количества сжигаемых ресурсов, будет увеличиваться и количество отходов. В данный момент там уже существует один золоотвал, который оказывает воздействие на окружающую среду.

Мониторинг за состоянием подземных вод вокруг золоотвала позволит оценить мероприятия по снижению проникновения загрязняющих элементов в подземные воды.

Сегментировать рынок услуг можно по степени потребности использования данных расчетов. Результаты сегментирования представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования рынка используемого программного обеспечения

		Тип используемого ПО	
		ArcGIS	MODFLOW
Профессия исполнителей	Гидрогеолог		
	Геолог		
	Гидролог		
Фирма 1		Фирма 2	

Таким образом, наиболее эффективно продвижение использования ПО ArcGIS среди гидрогеологов.

4.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и был проведен с помощью оценочной карты, приведенной в табл 4.2.

Данное исследование проводится с помощью программного обеспечения ArcGIS, однако это не единственный пакет программ, позволяющий реализовать поставленные цели и задачи. Так, основным конкурентом в части моделирования распространения загрязняющих элементов является ПО MODFLOW (конкурент-аналог 1).

ПО ArcGIS отличается от конкурентного пакета MODFLOW более разнообразным интерфейсом программы, а также рядом решаемых задач относительно картографии, моделирования и управления данными.

Однако MODFLOW является более продвинутым средством для создания концептуальных и численных гидродинамических моделей. Но также это увеличивает и саму сложность программного обеспечения для обучения работы на нем.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 4.2, подбирались, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации. Основными критериями оценки материалов будут являться: удобство в эксплуатации, затраты на производство, простота и скорость получения результатов (табл. 4.2).

Позиция разработки и конкурентов оценивалась по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 –наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны были составлять 1.

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентно-способность	
		Б _ф	Б _{кл}	К _{ф1}	К _{кл}
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Удобство в эксплуатации	0,2	5	5	1	1
Надежность	0,15	5	4	0,75	0,6
Безопасность	0,15	5	4	0,75	0,6
Простота эксплуатации	0,2	4	2	0,8	0,4
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности					
Конкурентоспособность продукта	0,1	5	5	0,5	0,5
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	4	0,5	0,4
Цена разработки	0,1	5	3	0,5	0,3
Итого	1	33	27	4,80	3,80

Анализ конкурентных технических решений определялся по формуле:

$$K = \sum B_i * B_i, \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;
B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл i-го показателя. Таким образом, конкурентоспособность рассматриваемых продуктов составляет:

$$K_{\text{ф}} = 1 + 0,75 + 0,75 + 0,8 + 0,5 + 0,5 + 0,5 = 4,80 \quad (4.2)$$

$$K_{\text{кл}} = 1 + 0,6 + 0,6 + 0,4 + 0,5 + 0,4 + 0,3 = 3,8 \quad (4.3)$$

4.1.3. SWOT-анализ

SWOT (сильные и слабые стороны, возможности, угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Матрица SWOT-анализа

SWOT	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Результаты применимы для любых золоотвалов. С2. Наиболее полный пакет функций в одном программном комплексе.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Снижение достоверности результатов при низком уровне исходных данных Сл2. Необходимость приобретения программного обеспечения.
Возможности: В1. Появления спроса со стороны руководства ТЭЦ В2. Отсутствие адекватных альтернативных источников	Адекватное исследование позволит создать систему мониторинга всех процессов, которые воздействуют на подземные воды.	Инновационные инфраструктуры ТПУ могут оказать помощь в финансировании проекта.
Угрозы: У1. Повешение стоимости специального программного обеспечения. У2. Увеличение налоговой нагрузки.	При наличии исходных данных, затраты на изучение состояние подземных вод будут минимальными	Используемое программное обеспечение является разработкой иностранных фирм, возможно удорожание с ростом курса валют.

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа. Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Результаты построения интерактивной матрицы проекта представлен в табл. 4.4.

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие корреляцию между возможностями/угрозами и

сильными/слабыми сторонами и составить итоговую матрицу SWOT-анализа, которая представлена в таблице 4.5.

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта

	Сильные стороны проекта		
Возможности проекта		C1.	C2.
	B1.	+	-
	B2.	+	-
	Сильные стороны проекта		
Угрозы		C1.	C2.
	У1.	-	+
	У2.	-	+
	Слабые стороны проекта		
Возможности проекта		Сл1.	Сл2.
	B1.	+	+
	B2.	-	-
	Слабые стороны проекта		
Угрозы		Сл1.	Сл2.
	У1.	-	+
	У2.	-	+

Таблица 4.5 – Итоговая матрица SWOT-анализа

SWOT	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Результаты применимы для любых золоотвалов. С2. Наиболее полный пакет функций в одном программном комплексе.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Снижение достоверности результатов при низком уровне исходных данных Сл2. Необходимость приобретения программного обеспечения.
Возможности: В1. Появления спроса со стороны руководства ТЭЦ В2. Отсутствие адекватных альтернативных источников	1) Использовать полученные результаты, как основание для поиска новых заказчиков на новых ТЭЦ 2) Составить возможные варианты поступления загрязнений	1) Переход на использование другого программного обеспечения, переобучение сотрудников 2) Поиск профессиональных работников
Угрозы: У1. Повешение стоимости специального программного обеспечения. У2. Увеличение налоговой нагрузки.	1) Выполнение большего числа заказов, для окупаемости ПО 2) Выбор адекватной схемы налогообложения 3) Расширение спектра разрабатываемых услуг	1) Изменение направления развития организации 2) Поиск новой ниши для предприятия

4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

Для определения стадии жизненного цикла научной разработки необходимо оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Оценка степени готовности представлена в таблице 4.6.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (4.5)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Таблица 4.6 – Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	4
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	5	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	2
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	3
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	2
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1

Продолжение таблицы 4.6			
№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	2
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
15	Проработан механизм реализации научного проекта	2	3
	ИТОГО БАЛЛОВ	40	40

Используя данные по таблице 4.6, получены итоговые баллы указанные внизу данной таблицы. Полученные баллы свидетельствуют о средней перспективности проекта.

4.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

В качестве метода коммерциализации выбирается инжиниринг, в связи с тем, что данный метод предполагает предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции.

Так как в данной работе идет изучение и мониторинг возможного загрязнения подземных вод. То конечный продукт, как раз и будет заключаться в инженерно-гидрогеологическом решении (услуге) для снижения этого воздействия. Который будет заключаться в том, что изучив гидрогеологические особенности территории, можно будет дать рекомендации по снижению воздействия на окружающую среду, в том числе и на подземные воды.

4.2. Инициация проекта

4.2.1. Цели и задачи исследования

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать, и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

Информация о заинтересованных сторонах проекта, которые активно участвуют в проект или интересы которых могут быть затронуты в результате завершения проекта, представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ	Удовлетворение потребностей страны в высококвалифицированных специалистов
Разработчик проекта (магистрант)	Разработка методики изучения гидрогеологических характеристик объекта с целью получению рекомендаций по организации водоснабжения предприятия
Минусинская ТЭЦ	Контроль и снижение загрязнения окружающей среды (подземных вод)

Цель и задачи исследования представлены в таблице 4.8

Таблица 4.8– Цели и результаты проекта

Цели проекта:	Анализ результатов мониторинга подземных вод района золоотвала Минусинской ТЭЦ
Ожидаемые результаты проекта	Результаты обработки данных мониторинга, картографические материалы
Критерии приемки результата проекта:	1. Построение гидроизогипсов 2. Построение карты загрязнения подземных вод
Требования к результату проекта	Требование:
	1. Показать распространение пьезометрической поверхности и направление движения подземных вод 2. Показать площадь распространения загрязнения подземных вод

4.2.2. Структура работ в рамках научного исследования

Организационная структура проекта

Следующим шагом является определение следующих вопросов: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты. Данная информация представлена в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Дутова Екатерина Матвеевна, ТПУ, ОГ, профессор, д.г.г.-м.н.	Научный руководитель	Консультирование по выполнению разделов ВКР, координация деятельности, определение задач, контроль выполнения.	600
2	Лелекова Анастасия Леонидовна, ТПУ, ИШПР, магистрант	Исполнитель по проекту (магистрант)	Анализ литературных данных, анализ данных мониторинга подземных вод района Минусинской ТЭЦ	1600
ИТОГО				2200

4.2.3. Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта (табл. 4.10).

Таблица 4.10 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения
1. Бюджет проекта	551737,6 рублей
2. Источник финансирования	НИТПУ
3. Сроки проекта	18.01.2021-31.05.2021
3.1 Фактическая дата утверждения плана управления проектом	18.01.2021
3.2 Плановая дата завершения проекта	31.05.2021
3.3 Прочие ограничения и допущения	Вовлеченность исполнителя (магистранта) в производственный процесс

4.3. Планирование управления научно-техническим проектом

4.3.1. Иерархическая структура работ проекта

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

- иерархическая структура работ проекта;
- контрольные события проекта;
- план проекта;
- бюджет научного исследования.

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рисунке 4.1 представлен шаблон иерархической структуры.

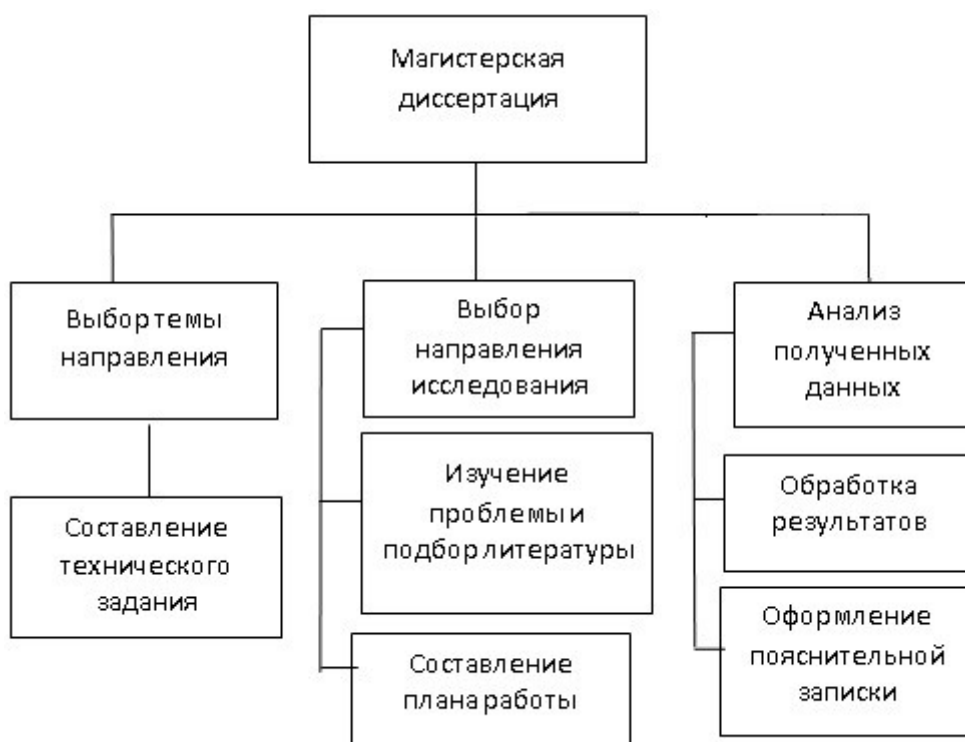


Рисунок 4.1 – Иерархическая структура по магистерской диссертации

4.3.2. План проекта

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

На основе предыдущей таблицы составляется диаграмма (рис. 4.2), в основу которой ложатся этапы проведения исследования и длительность работ в календарных днях.

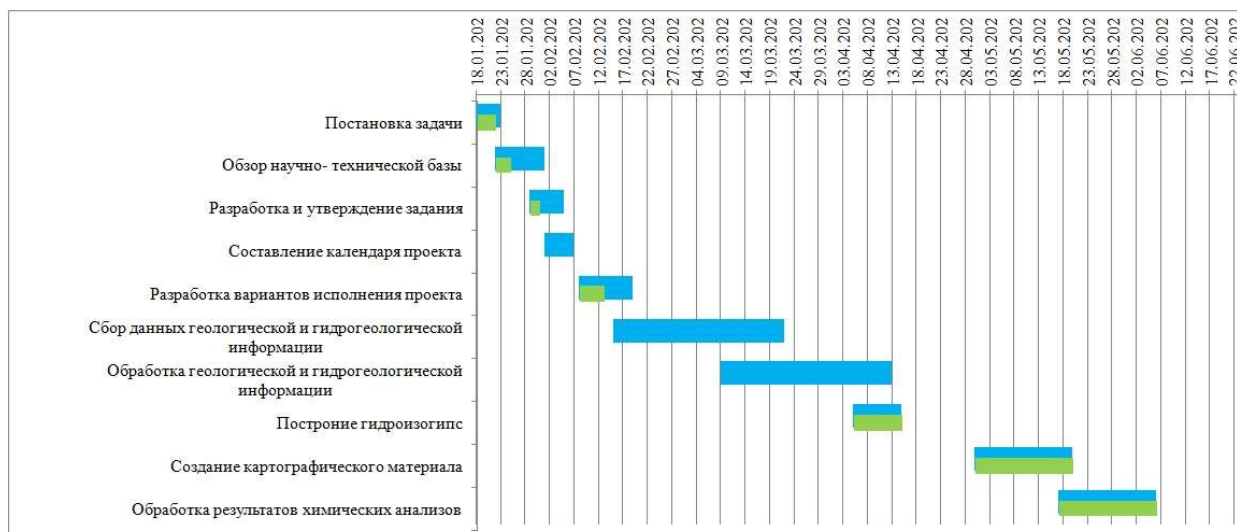


Рис. 4.2 – Диаграмма Ганта

4.4. Бюджет исследования

При планировании бюджета исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

4.4.1. Материальные затраты

В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице 4.11. Транспортно-заготовительные расходы составляют 3-5%.

Таблица 4.11 – Материальные затраты

Вид работ	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов)	Специальное оборудование для научных работ
Обработка данных ПО ArcGIS	Персональный компьютер	ПО ArcGIS
Подготовка отчета	Канцелярия	-

Для учета затрат на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, производится расчет стоимости материальных затрат по действующим прейскурантам или договорным ценам. Результаты представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Сырье, материалы и комплектующие изделия

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Персональный компьютер Acer Aspire 5	шт	1	50000,00	50000,00
Бумага для принтера (формат А4, пачка)	формат А4, пачка	1	250,00	250,00
Краска для принтерных картриджей	шт	1	1000,00	1000,00
Ручка шариковая	шт	2	50,00	100,00
Карандаш чертежный	шт	3	50,00	150,00
Блокнот для записок	шт	2	150,00	300,00
Всего за материалы				51800,00
Транспортно-заготовительные расходы (5%)				2590,00
Итого				54390,00

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Далее описаны все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме и занесены в таблицу 4.13.

Таблица 4.13 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Программное обеспечение ArcGIS 10.6.1	1	250 000,00	250 000,00
ИТОГО				250 000,00

4.4.2. Основная заработная плата

В настоящий раздел включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по

данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда). Раздел включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.6)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата, $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле:

$Z_{осн} = Z_{дн} * T_{раб}$, где $Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб;

$T_{раб}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим сотрудником, раб.дн;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб. Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_d}, \quad (4.7)$$

Где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 раб.дней $M=10,4$ месяца, 6–дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно–технического персонала, раб.дн.

Таблица 4.14 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
– выходные дни	52	52
– праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
– отпуск	48	48
– невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$З_м = З_б * (k_{пр} + k_д) * k_p \quad (4.8)$$

где $З_б$ – базовый оклад, руб.; $k_{пр}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда); $k_д$ – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда); k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска). Таким образом, основная заработная плата для:

Руководителя:

$$З_{дн} = \frac{38000 * 10,4}{251} = 1574,502 \text{ руб}$$

$$З_{осн} = 1574,502 * 44 = 69278,09 \text{ руб}$$

Инженера:

$$З_{дн} = \frac{17000 * 10,4}{251} = 704,3 \text{ руб}$$

$$З_{осн} = 704,3 * 120 = 84525,89 \text{ руб}$$

Таблица 4.15 – расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_б$, руб	$k_{пр}$	$k_д$	k_p	$F_д$, раб.дн.	$З_м$	$З_{дн}$	T_p , раб.дн.	$З_{осн}$, руб.
Руководитель	29230,77	-	-	1,3	251	38000	1574,5	44	69278,09
Инженер	13076,92	-	-	1,3	251	17000	704,3	120	84525,89

4.4.3. Дополнительная заработная плата научного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10–15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы:

$$1. \text{Руководитель } 69278,09 * 0,1 = 6927,81 \text{ руб.}$$

2. Инженер: $84525,89 \cdot 0,1 = 8452,58$ руб.

В таблице 4.16 приведена форма расчета основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 4.16 – Заработная плата исполнителей НТИ, руб

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	69 278,09	84 525,89
Дополнительная зарплата	6 927,81	8 452,58
Зарплата исполнителя	76 205,90	92 978,49
Итого по разделу Сзп	169 184,39	

4.4.4. Отчисления на социальные нужды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) , \quad (4.9)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Раздел включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

Отчисления на социальные нужды (ставка ТПУ - 30,2 %) приведены в таблице 4.17 и составили 51093,68 руб.

Таблица 4.17– Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	69 278,09	6 927,81
Инженер	84 525,89	8 452,58
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30,2%	
Сумма отчислений	51 093,68руб	

4.4.5. Накладные расходы

В накладные расходы включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 – 90 % от суммы основной заработной платы научного персонала данной научно-технической организации. Накладные расходы составляют 80–100 % от суммы

основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении исследования. Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = 0,16 * 169\,184,39 = 27\,069,5 \text{ руб.}$$

Накладные расходы составили 27 069,5 руб.

4.4.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 4.18 – Общие затраты по статьям

Затраты по статьям, руб.					
Сырье, материалы	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная и дополнительная заработная плата	Накладные расходы	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимость
54 390,00	250 000,00	169 184,00	27 069,50	51 093,70	551 737,60
76 146,00	350 000,00	236 858,10	37 897,30	71 531,15	772 432,60

4.4.7. План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражающий требования к коммуникациям со стороны участников проекта представлен в таблице 4.19.

Таблица 4.19 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1	Статус проекта	Руководитель проекта	Представителю заказчика	Ежеквартально (первая декада квартала)
2	Информация о текущем состоянии проекта	Участники проекта	Исполнителю проекта	Еженедельно (пятница)
3	Еженедельный отчет и информация о проведенных внештатных работах	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже дня контрольного события по плану производства

4.4.8. Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты (табл. 4.20).

Таблица 4.20– Реестр рисков

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения	Условия наступления
1	Выход из строя исследовательского оборудования	Задержка в выполнении и плана	1	3	средний	Соблюдать правила эксплуатации и прибора	Человеческий фактор, износ заменяемых частей, заводской брак

4.5. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности

4.5.1. Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков (cashflow). Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки

общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
 - индекс доходности (PI);
 - внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

4.5.2. Чистая текущая стоимость (NPV)

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0 \quad (4.10)$$

где: $ЧДП_{опt}$ – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t = 0, 1, 2 \dots n$)

n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если $NPV > 0$, то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 4.21. При расчете рентабельность проекта составляла 10 %, норма амортизации- 10 %.

Таблица 4.21 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0,0	606911,3	606911,3	606911,3	606911,3
2	Итого приток, руб.	0,0	606911,3	606911,3	606911,3	606911,3
3	Инвестиционные издержки, руб.	-551737,6	0,0	0,0	0,0	0,0
4	Операционные затраты, руб.	0,0	110347,5	110347,5	110347,5	110347,5
5	Налогооблагаемая прибыль, руб.	0,0	496563,8	496563,8	496563,8	496563,8
6	Налоги 20 %, руб.	0,0	99312,8	99312,8	99312,8	99312,8
7	Итого отток, руб.	-551737,6	209660,3	209660,3	209660,3	209660,3
8	Чистая прибыль, руб.	0,0	397251,1	397251,1	397251,1	397251,1
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.	-551737,6	442214,8	442214,8	442214,8	442214,8
10	Коэффициент дисконтирования (КД)	1,0	0,909	0,826	0,751	0,683
11	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб.	-551737,6	401973,3	365269,4	332103,3	302032,7
12	\sum ЧДД, руб	1401378,7				
13	Итого NPV, руб.	849641,1				

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1+i)^t}, \quad (4.11)$$

где: –ставка дисконтирования, 10 %;

t – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 849641,1рублей, что позволяет судить об его эффективности.

4.5.3. Индекс доходности (PI)

Индекс доходности (PI) – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0 \quad (4.12)$$

где: ЧДД - чистый денежный поток, млн. руб.;

I_0 – начальный инвестиционный капитал, млн. руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{1401378,7}{551737,6} = 2,54$$

Так как $PI=2,54>1$, следовательно, проект эффективен.

4.5.4. Внутренняя ставка доходности (IRR)

Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR . Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или $NPV=0$. По разности между IRR и ставкой дисконтирования i можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования i , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

$$\sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{онтt}}{(1+IRR)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+IRR)^t} \quad (4.13)$$

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 4.22 и на рисунке 4.3.

Таблица 4.22 - Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	Сумма, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	-551738	442214,8	442215	442215	442215	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,350	
	0,4	1	0,714	0,510	0,364	0,260	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,390	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,500	0,250	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, млн. руб.						
	0,1	-551738	401974	365270	332104	302033	849644
	0,2	-551738	368366	306898	255601	213148	592275
	0,3	-551738	340064	261792	201208	154775	406102
	0,4	-551738	315742	225530	160967	114976	265477
	0,5	-551738	294958	196344	130454	87559	157577
	0,6	-551738	276385	172464	107901	67659	72671
	0,7	-551738	260023	148142	89770	49528	-4275
	0,8	-551738	245872	136645	75619	42010	-51592
	0,9	-551738	232606	122494	64564	34051	-98025
	1,0	-551738	221108	110554	552767	27417	-137382

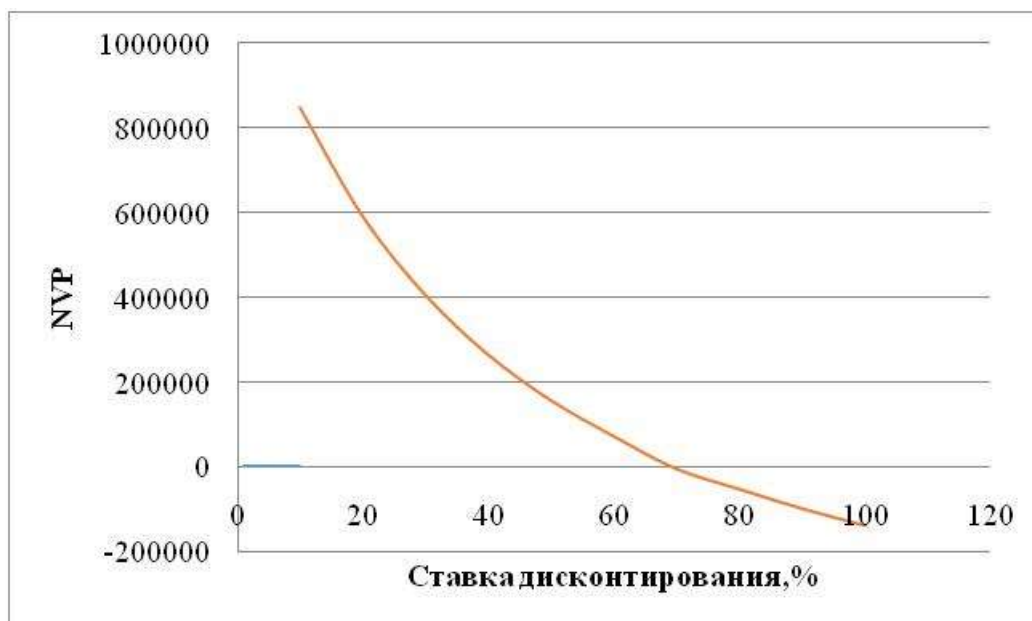


Рисунок 4.3 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,71.

Запас экономической прочности проекта: $62\% - 20\% = 52\%$.

4.5.5. Дисконтированный срок окупаемости

Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока.

Таблица 4.23 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ($i=0,10$), руб.	-551737,6	401973,3	365269,4	332103,3	302032,7
2	То же нарастающим итогом, руб.	-551737,6	-149764,3	216598,4	456917,3	675499,7
3	Дисконтированный срок окупаемости		$PP_{диск} = 1 + 149764,3 / 365269,4 = 1,41$ года			

4.5.6. Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования (табл. 4.24). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} \quad (4.14)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{551373,6}{772432,6} = 0,71$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{772432,6}{772432,6} = 1,00$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля). Для данного проекта и для аналога данный показатель составил 0,71, и 1,00 соответственно.

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта приведена в таблице 4.24.

В результате расчётов получились следующие интегральные показатели ресурсоэффективности:

$$I_{\text{ТП}} = 0,75 + 1,5 + 0,25 + 0,4 + 1,25 + 0,75 = 4,90$$

$$I_{\text{ан1}} = 0,60 + 0,9 + 0,2 + 0,4 + 1,00 + 0,6 = 3,70$$

Таблица 4.24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог
1. Способствует росту производительности труда	0,15	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,30	5	3
3. Эффективные, применимые в различных сферах результаты	0,05	5	4
5. Энергосбережение	0,10	4	4
5. Надежность	0,25	5	4
6. Материалоемкость	0,15	5	4
Итого	1,00	29	23

Интегральный показатель эффективности проекта $I_{\text{финр}}^{\text{тп}}$ и аналога $I_{\text{финр}}^{\text{а}}$ определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя. Рассчитаем интегральные показатели эффективности вариантов исполнения исследования:

$$I_{\text{финр}}^{\text{тп}} = \frac{4,90}{0,71} = 6,90$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{а1}} = \frac{3,70}{1,00} = 3,70$$

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср1}} = \frac{6,90}{6,90} = 1$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср2}} = \frac{3,70}{6,90} = 0,54$$

Результат вычисления сравнительной эффективности проекта и сравнительная эффективность анализа представлены в таблице 4.13.

Таблица 4.25– Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Аналог
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,70	1,00
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,90	3,70
3	Интегральный показатель эффективности	6,90	3,70
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,54

Заключение по разделу

В результате исследования были определены затраты на проведение исследования, бюджет составляет 551373,6 рублей. Анализ технических и экономических критериев трех разных видов ПО, в которых возможно выполнение настоящего НТИ, показал, что ПО ArcGIS обладает преимуществом по сравнению с конкурентными программными продуктами. При оценке сравнительной эффективности было установлено, что с позиции ресурсной эффективности текущий проект предпочтительнее аналогов.

Проведя анализ показателей эффективности инвестиций, получили чистую текущую стоимость (NPV) – 675499,7руб. Таким образом,

инвестиционный проект считается выгодным, NPV является положительной. Срок окупаемости проекта (PP) составил 1,41 года. Внутренняя ставка доходности (IRR) – 0,62, что позволяет признать инвестиционный проект экономически оправданным, так как выполнено неравенство $IRR > i$. Индекс доходности (PI) – 2,54, что больше единицы, следовательно, данная инвестиция приемлема.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Целью данной выпускной квалификационной работы является оценка состояния подземных вод в районе Минусинской ТЭЦ и построение дежурной карты загрязнения. Объект исследования – подземные воды, используемые для водоснабжения г.Минусинск.

Область применения настоящей работы лежит в сфере камерального этапа сбора и обработки данных о гидрогеохимических и гидрогеологических условиях района исследований. Комплекс камеральных работ выполнен как на основе существующих материалов, которые были получены при проведении наблюдений в рамках государственного мониторинга недр.

Пользователями данных мониторинга выступают инженерные, гидрогеологические, экологические службы предприятия. Пользователями конечного решения (карты гидроизогипс и карты загрязнения подземных вод) –градоуправление г.Минусинска. Камеральные работы выполнены в программном комплексе ArcGIS 10.6 на персональных компьютерах.

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Камеральные работы проводились при использовании ПК.

В соответствии с законодательством (статье 212 ТК РФ [29]), работодатель имеет ряд обязательств по обеспечению безопасных условий и охраны труда оператора ПК. В том числе обязательное социальное страхование работников от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Требования к организации рабочего пространства:

- обеспечить безопасное размещение рабочих мест с ПК: расстояние между видеомониторами (тыльная сторона одного монитора до экрана другого) – не менее 2 м, расстояние между боковыми поверхностями – не менее 1,2 м;

- обеспечить площадь на одно рабочее место пользователя не менее 4,5 м² – для жидкокристаллических и плазменных экранов;
- не допускать установку ПК вблизи электронагревательных приборов и систем отопления;
- не допускать размещение на системном блоке, мониторе и периферийных устройствах посторонних предметов,
- обеспечить режим труда и отдыха пользователей ПК, с предоставлением регламентированных перерывов в течении рабочего дня;
- обеспечить пользователей подъёмно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки стулом (креслом).

Рабочее место при выполнении работ сидя (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т. д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы (ГОСТ 12.2.032-78 [17]).

Категория тяжести труда – вторая – оптимальные условия внешней производственной среды и оптимальная величина физической, умственной и нервно-эмоциональной нагрузки. Продолжительность рабочего дня - 40 часов в неделю (Ст. 91 ТК РФ) [29].

К работе с ПК допускаются лица:

- не имеющие медицинских противопоказаний для работы с ПК;
- прошедшие курс обучения принципам работы с вычислительной техникой и специальное обучение работе на ПК;
- прошедшие вводный инструктаж по охране труда, по пожарной безопасности, по электробезопасности с присвоением 1-й группы;
- ознакомленные с инструкциями по эксплуатации оргтехники, используемой на рабочем месте.

Оператор ПК, в свою очередь, имеет ряд обязательств перед работодателем: обязуется проходить все необходимые инструктажи, обучающие семинары, медицинский осмотр, и выполнять требования касательно его безопасности на рабочем месте (ст. № 414-V ТК РФ [29]).

5.2. Производственная безопасность

При выполнении камеральной обработки данных мониторинга выявлены возможные вредные и опасные факторы производственной среды (приведены в таблице ниже).

Таблица 5.1 – Вредные и опасные факторы производственной среды

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Чрезмерные характеристики световой среды	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение [28]
2. Отклонение показателей микроклимата	СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [27]
3. Стереотипные рабочие движения, нервно-психические перегрузки	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 27.12.2018) [29]
4. Электромагнитное излучение	ГОСТ 12.1.006-84 Электромагнитные поля радиочастот [15]
5. Поражение электрическим током	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [16]
6. Возникновение пожаров	ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность [13]

5.3. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

5.3.1. Чрезмерные характеристики световой среды

Источник возникновения - отсутствие возможности организовать естественное освещение, из-за условий расположения объекта исследования.

Воздействие на организм человека - негативно воздействует на зрение, вызывает повышенную утомляемость, снижает работоспособность, является причиной плохого самочувствия.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПК должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения. Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны быть ориентированы на север и северо-восток.

Таблица 5.2 - Нормируемые показатели искусственного освещения (СП 52.13330.2016 [28])

Помещения	Искусственное освещение				
	Освещенность лк			Показатель дискомфорта, М, не более	Коэффициент пульсации освещенности, Кп, %, не более
	При комбинированном освещении		При общем освещении		
	всего	от общего			
Кабинеты, рабочие комнаты, офисы	400	200	300	40	15

Таблица 5.3– Нормируемые показатели естественного и совмещенного освещения (СП 52.13330.2016 [28])

Помещени я	Рабоч. поверхность и плоскость нормир.КЕО и освещенности * и высота плоскос-ти над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение	
		При верхнем или комбини- рованном освещени и	При боковом освещени и	При верхнем Или комбини- рованном освещени и	При боковом освещени и
Кабинеты, раб. Комн., офисы	Г – 0,8	3,0	1,0	1,8	0,6

* - Г-горизонтальная, В-вертикальная

Средства защиты: постоянное необходимое обеспечение местного искусственного освещения.

Расчет искусственного освещения

Помещение, в котором выполняются камеральные работы имеет следующие характеристика: длина 10 м, ширина 10 м, высота 4 м, окрас стен – светлый, потолок – белый. Характеристики зрительной работы: минимальный размер объекта различения = 0,5 мм; напряженная зрительная работа выполняется непрерывно (5 часов); расстояние, на котором находится объект от глаз рабочего составляет 0,5 м; источники света – люминесцентные лампы.

Характеристика зрительной работы – «высокая точность»;

разряд работы – «III»;

подразряд – «В».

Для разряда «III в» освещенность, при системе общего искусственного освещения при светлом фоне, составляет $E_{общ} = 300$ лк. Коэффициент отражения потолка – $\rho_{п}=50\%$, стен – $\rho_{ст}=30\%$. Коэффициент запаса $K_3=1,5$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z=1,1$, (Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех направлений и специальностей ТПУ. – Томск: Изд. ТПУ, 2008. – 20 с.[24]).

Расчет системы общего люминесцентного освещения

Выбираем светильники типа ОД с защитной решеткой, $\lambda=1,2$.

Замерим основные параметры в соответствии с расчетной схемой (рис. 5.1)

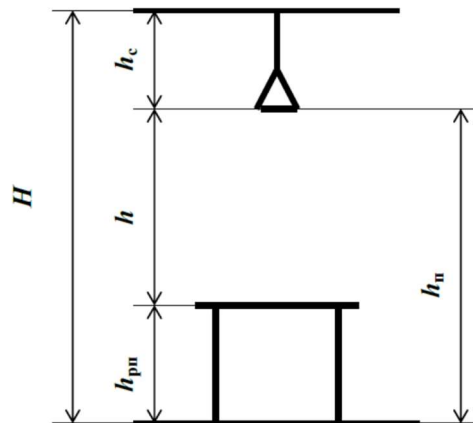


Рис. 5.1 Основные расчетные параметры

$$h_c = 0,5 \text{ м,}$$

$$h = H - h_c - h_{пн} = 4,0 - 0,5 - 0,7 = 2,8 \text{ м;}$$

Расстояние между светильниками:

$$L = 1,2 * 2,8 = 3,36 \text{ м;}$$

Расстояние от светильников до стены:

$$L/3 = 1,12 \text{ м.}$$

Определяем количество рядов светильников и количество светильников в ряду (МУ, ТПУ[24]):

$$n_{ряд} = \frac{(B - \frac{2}{3} * L)}{L} + 1 = \frac{(10 - \frac{2}{3} * 3,36)}{3,36} + 1 = 4$$

$$n_{\text{св}} = \frac{(A - \frac{2}{3} * L)}{l_{\text{св}} + 0,5} = \frac{(10 - \frac{2}{3} * 3,36)}{0,5 + 0,5} = 8$$

Для данного помещения требуется 4 ряда светильников типа ОД с защитной решеткой мощностью 65 Вт (с длиной 0,5 м) по 8 ламп в каждом ряду.

Индекс помещения:

$$i = S/h(A+B) = 100/(2,8(10+10)) = 1.8$$

По таблице определяем коэффициент использования светового потока:

$$\eta = 0,50.$$

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

$$\Phi = \frac{E_{\text{н}} * S * K_{\text{з}} * Z}{N_{\text{л}} * \eta} = \frac{300 * 100 * 1,12 * 1,1}{64 * 0,5} = 1155$$

По таблице выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛБ 20 Вт с потоком 1060 лм. Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \leq +20\%$$

Далее подставляем в формулу стандартное и рассчитанное значения:

$$-10\% \leq \frac{1060 - 1155}{1060} \leq +20\%$$

Получаем: $-10\% \leq -8,9\% \leq +20\%$. Условие выполнено.

Определяем электрическую мощность осветительной установки:

$$P = 64 * 20 = 1280 \text{ Вт.}$$

5.3.2. Отклонение показателей микроклимата

Источник возникновения: изменение температуры воздуха рабочей зоны помещения вследствие работы оборудования, систем отопления / кондиционирования, влияния солнечной энергии.

Одним из необходимых условий нормальной жизнедеятельности человека является обеспечение нормальных метеорологических условий в помещениях, оказывающих существенное влияние на тепловое самочувствие.

Комфортный микроклимат в помещении создают при помощи отопления и вентиляции. Оптимальные и допустимые нормы микроклимата

для работ разной категории указаны в ГОСТ 12.1.005-88 [14], СанПиН 2.2.4.548-96 [27].

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПК является основной и связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ 1а и 1б в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений [27].

В рабочей зоне производственного помещения должны быть установлены оптимальные и допустимые микроклиматические условия соответствующие СанПиН 2.2.4.548-96 [27]. Микроклиматические параметры приведены в таблицах 5.4, 5.5.

Таблица 5.4– Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	21-25	40-60	0,1
Теплый	23-25	22-26	40-60	0,1

Таблица 5.5– Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	20-25	19-26	15-75	0,1
Теплый	21-08	20-29	15-75	0,1-0,2

Оптимальные параметры микроклимата в производственных помещениях обеспечиваются системами кондиционирования воздуха, а допустимые параметры – обычными системами вентиляции и отопления.

Мероприятия по поддержанию требуемого микроклимата: осуществление терморегуляции в помещении с целью поддержания оптимальной температуры; установка вентиляционного оборудования для поддержания нормального воздухообмена; проветривание помещения во время перерывов; регулярная влажная уборка помещения.

5.3.3. Нервно-психические перегрузки

Источник возникновения: монотонность труда (стереотипные рабочие движения), большие объемы информации, обрабатываемые в единицу времени и др.

Воздействие фактора на организм человека: психические расстройства и нервно-соматические нарушения: чувство тревоги, нарушение сна, сужение интересов, ослабление памяти, рост числа ошибок, снижение сосредоточенности, головная боль, боль в поясничном отделе спины и др.

В результате действия психофизиологических факторов у пользователя ПК наблюдаются следующие психические расстройства и нервно-соматические нарушения: чувство тревоги, нарушение сна, сужение интересов, ослабление памяти, рост числа ошибок, снижение сосредоточенности, головная боль, боль в поясничном отделе спины и др.

При первых симптомах психического перенапряжения необходимо:

- дать нервной системе расслабиться,
- начать заниматься спортом,
- ложиться спать в одно и то же время,
- в тяжелых случаях обратиться к врачу.

5.3.4. Поражение электрическим током

Для питания компьютерной техники используется электричество. Поражение электрическим током может произойти при прикосновении к токоведущим частям, которые находятся под напряжением.

Воздействие фактора на организм человека: электрический ток оказывает на человека термическое, электролитическое, биологическое и

механическое воздействие. Действие электрического тока на человека приводит к травмам или гибели людей.

Для предотвращения опасных последствий необходимо соблюдение правил ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [16].

Для переменного тока частотой 50 Гц допустимое значение напряжения прикосновения составляет 2 В, а силы тока – 0,3 мА, для тока частотой 400 Гц, соответственно – 2 В и 0,4 мА, для постоянного тока – 8 В и 1 мА.

Мерами защиты от воздействия электрического тока являются оградительные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации, изолирующие устройства и покрытия, устройства защитного заземления, устройства автоматического отключения, предохранительные устройства.

5.4. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работника камерального отдела

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа непосредственно на рабочем месте ответственным лицом.

Проверка знаний правил техники безопасности проводится квалификационной комиссией. После чего сотруднику присваивается соответствующая его знаниям и опыту работы квалификационная группа по технике безопасности и выдается удостоверение специального образца. Состояние здоровья устанавливается медицинским освидетельствованием перед устройством на работу.

Система отопления должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление. Параметры микроклимата в используемом помещении регулируются системой центрального отопления, и имеют значения: влажность – 40 %,

скорость движения воздуха – 0,1 м/с, температура летом – 20-25 °С, зимой – 13-15 °С.

5.5. Экологическая безопасность

5.5.1. Камеральные работы

При выполнении камеральных работ воздействие на атмосферу и гидросферу отсутствует. Возможное воздействие на литосферу при ненадлежащей утилизации вычислительной техники.

Вышедшее из строя ПЭВМ и сопутствующая оргтехника относится к IV классу опасности и подлежит специальной утилизации. Для оказания наименьшего влияния на окружающую среду, необходимо проводить специальную процедуру утилизации ПЭВМ и оргтехники, при которой более 90% отправится на вторичную переработку и менее 10% будут отправлены на свалки. При этом она должна соответствовать процедуре утилизации ГОСТ Р53692-2009 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов [19].

5.5.2. Эксплуатация золоотвала Минусинской ТЭЦ

Атмосфера. Воздействие на атмосферу минимальное в виде выброса выхлопных газов, используемого автотранспорта. Мерами снижения выбросов могут быть только применение исправного автотранспорта, использующего топливо стандарта «Евро-5».

Гидросфера и литосфера. Золоотвал представляет собой сооружение для хранения золошлаковых отходов, образующихся при сжигании углей, под слоем воды.

Также из-за поступления воды с предприятия происходит нарушение естественного водного режима территории.

При недостаточно качественно уложенном противофильтрационном экране возможны утечки загрязненных вод в подземные горизонты.

Обязательным для таких объектов является контроль за состоянием уровня и химического состава подземных вод прилегающей к золоотвалу территории.

5.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

К возможным чрезвычайным ситуациям на стадии камеральной обработки отнесится возникновение пожара в офисном здании. С учетом того, что офис оснащен большим количеством вычислительной техники, то наиболее вероятной причиной может быть возникновение горения различной техники.

Возможные чрезвычайные ситуации при разработке и эксплуатации проектируемого решения (создание водозабора питьевых вод):

- Техногенные (при разработке): взрывы и пожары при возможных разливах нефтепродуктов.
- Природные (эксплуатация): природные пожары.
- Социальные (эксплуатация): террористические акты по выведению из строя водозабора.
- Экологические (эксплуатация): истощение запасов подземных вод при не правильной эксплуатации водозабора.

Наиболее вероятным на стадии проектирования – возникновение пожара.

Возникновение пожаров

Источник возникновения - использование неисправного оборудования, поджоги, поврежденная электропроводка, неправильная установка нагревательного оборудования и др.

Воздействие фактора на организм человека: пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, токсичные продукты горения, дым, пониженная концентрация кислорода [13].

Согласно ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Системы пожарной безопасности должны характеризоваться уровнем обеспечения пожарной безопасности людей и материальных ценностей, а

также экономическими критериями эффективности этих систем для материальных ценностей, с учетом всех стадий (научная разработка, проектирование, строительство, эксплуатация) жизненного цикла объектов и выполнять одну из следующих задач: исключать возникновение пожара; обеспечивать пожарную безопасность людей; обеспечивать пожарную безопасность материальных ценностей; обеспечивать пожарную безопасность людей и материальных ценностей одновременно.

Мерами защиты от возникновения пожаров являются: применение негорючих и трудногорючих веществ и материалов, применением машин, механизмов, оборудования, устройств, при эксплуатации которых не образуются источники зажигания, применением исправного электрооборудования и др.

Причинами возгорания при работе с компьютером могут быть:

- токи короткого замыкания;
- неисправность устройства компьютера или электросетей;
- небрежность оператора при работе с компьютером;
- воспламенение ПК из-за перегрузки.

В связи с этим, согласно ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования», при работе с компьютером необходимо соблюдать следующие нормы пожарной безопасности [13]:

- для предохранения сети запрещается одновременно подключать к сети количество потребителей, превышающих допустимую нагрузку;
- работы за компьютером проводить только при исправном состоянии оборудования, электропроводки;
- иметь средства для тушения пожара (огнетушитель);
- обеспечить возможность беспрепятственного движения людей по эвакуационным путям.

Прокладка всех видов кабелей в металлических газонаполненных трубах – отличный вариант для предотвращения возгорания. При появлении пожара, любой, увидевший пожар должен: незамедлительно заявить о данном в

пожарную службу по телефонному номеру 01 или 112, заявить о происшествии и соблюдать покой.

В случае возникновения пожара в здании автоматически срабатывают датчики пожаротушения, и звуковая система оповещает всех сотрудников о немедленной эвакуации из здания, и направляются на выход в соответствии с планом эвакуации при пожарах и других ЧС. На этаже находится специальный ящик с огнетушителем и пожарным краном и рукавом, а также два эвакуационных выхода.

5.7. Выводы по разделу

В процессе работы над разделом «Социальная ответственность» изучена регламентирующая документация в части охраны труда, экологии и ЧС. В результате составлено обоснование мероприятий по защите здоровья, экологии и предотвращению ЧС, которые могут возникнуть при выполнении комплекса работ по обработке данных мониторинга золоотвала, а также при дальнейшей его эксплуатации.

На основании анализа факторов производственного и экологического рисков, которые могут возникнуть при работе с персональным компьютером, а также процесса утилизации техники, можно сделать вывод о том, что:

- правильная организация работы на ПК и соблюдение всех правил эксплуатации ПК, а также гигиены труда позволяют несколько снизить основные вредные факторы риска при работе с ПК, а также предупредить возможности возникновения ЧС на рабочем месте.

Процессы строительства и эксплуатации проектного решения связаны с большими рисками возникновения ЧС. Таким образом, при этом необходимо ответственно подходить к предотвращению влияния вредных и опасных факторов, следить за соблюдением мер экологической безопасности, а также не создавать своей работой ситуаций, которые могут привести к возникновению ЧС на объекте исследования во время эксплуатации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ проделанной работы показывает, что в настоящее время Минусинская ТЭЦ оказывает заметное влияние на окружающую среду. В части воздействия на гидросферу это проявляется в нарушении естественного водного режима рассматриваемой территории и загрязнении водных источников.

Наряду с нарушением режима поверхностных вод, аналогичные процессы происходят с подземными водами. На большой площади произошел многолетний подъем уровня грунтовых вод и вод водоносного нижнекаменноугольного комплекса. Это вызывает подтопление территорий, коммуникаций, лесных массивов, заболачивание земель, ухудшение физико-химических свойств подземной воды, ее загрязнение.

Главным источником нарушения природного водного баланса рассматриваемой территории является золоотвал. По проекту это должно быть сооружение с водонепроницаемыми бортами и дном. Но в процессе эксплуатации и по настоящее время утечки из него очевидны.

В данной работе выполнено дешифрирование космоснимков изучаемой территории для выделения предполагаемых очагов или потоков по поверхности из остоика Минусинской ТЭЦ.

По данным объектного мониторинга автором составлены карта-схема гидроизогипс и схема распространения загрязнения подземных вод в районе золоотвала Минусинской ТЭЦ. По сравнению с фоновыми показателями среднее, сильное и максимальное загрязнение подземных вод наблюдается по периметру от золоотвала.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

Опубликованная

1. Neuman A. A., L. di Federico 2003 Kinematic structure of mini-permeameter flow.
2. Dykstra K. Parsons O. 1950 Soil water permeability.
3. Goggin G. 1988 Modeling of soil water permeability.
4. Tidwell A. Wilson N. 1997 The latest research in the field of soil water permeability.
5. Tartakovsky D. M., Moulton J. D., Zlotnik V., 2000 Kinematic structure of mini-permeameter flow. Water Resour.
6. A. P. S. Selvadurai and P. A. Selvadurai, **2010** Experiments and modelling for estimating effective permeability.
7. Churcher T. Features of porous rocks.
8. Zeng Z. Grigg R. 2006, A criterion for non-Darcy flow in porous.
9. Zenyu Su, Hongmei Huang, Guoqing Jing. Experimental analysis permeability characteristics of fouling railway ballast, 9, 2015.
10. B. Sibiryakov. Porosity, Specific Surface and Permeability in Micro-Inhomogeneous Media, 05, 2018.
11. P. A. Selvadurai, K. Głowacki 2008 Experiments and modelling for estimating effective permeability.
12. ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
13. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность.
14. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
15. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ Электромагнитные поля радиочастот.
16. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
17. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ Рабочее место при выполнении работы сидя.

18. ГОСТ 21889-76 Система «Человек-машина». Кресло человека-оператора.
19. ГОСТ Р53692-2009 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов.
20. Данные Государственного мониторинга состояния недр территории СФО (Красноярский край, Республика Хакасия) за 2017-19 гг.
21. Дутова Е.М., Покровский Д.С., Парначев В.П., Покровский В.Д. Геохимические особенности подземных вод хозяйственно-питьевого назначения Республики Хакасия – Вестник ТГУ, 2015, №394.
22. Материалы объектного мониторинга Минусинской ТЭЦ за 2008-2018 гг.
23. Материалы создания Государственной гидрогеологической карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 (третье поколение) лист N-46 – Абакан – Красноярск, 2017.
24. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех направлений и специальностей ТПУ. – Томск: Изд. ТПУ, 2008. – 20 с.
25. Покровский Д.С., Дутова Е.М., Балобаненко А.А., Покровский В.Д., Рехтин А.Ф. Гидрогеоэкологические условия водоснабжения населения юга Сибирского региона – Вестник ТГУ, 2014, №384.
26. Покровский Д.С., Дутова Е.М., Булатов А.А., Кузеванов К.И. Подземные воды Республики Хакасия и водоснабжение населения / Под ред. Д.С. Покровского. – Томск: Изд-во НТЛ, 2001.
27. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
28. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
29. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 27.12.2018)5.

Фондовая

30. Елисеев В.М. Отчет по гидрогеологическому и инженерно-геологическому доизучению с геоэкологическим картированием масштаба 1:200000 зоны г.г. Абакан, Черногорск, Минусинск (лист N-46-XX). 2002, 28075ф, Красноярский ТГФ.

31. Кривошеев А. С. И др. Сводный отчет по результатам наблюдений за поверхностными и подземными водами в районе Минусинской ТЭЦ за период с 1983 по 1996 гг., 27388ф, Красноярский ТГФ.

32. Мельникова В.А. Ведение мониторинга геологической среды южных районов Красноярского края на 2000-2003 гг., 2004.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Review of Authentic Literature on the Research Topic: « Surface Permeability Tests: Experiments and Modelling for Estimating Effective Permeability»

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM92	Лелекова Анастасия Леонидовна		

Консультант проф. кафедры:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преп. ОИЯ ШБИП	Утятин Янина Викторовна			

INTRODUCTION

Permeability is a key parameter in environmental geosciences and geomechanics problems dealing with groundwater hydrology, groundwater contamination, geothermal energy extraction, geological sequestration of CO₂, deep geological disposal of contaminants and geological storage of heat-emitting nuclear fuel wastes. The property of permeability or intrinsic permeability depends solely on the accessible pore structure to fluid flow in a geomaterial. Particularly in hydrogeology, permeability is assumed to be an unchanging property, whereas geomechanical factors including the stress state can result in the generation of defects in the intact geomaterial, which can significantly influence its permeability. Reliable estimation of permeability of geomaterials is crucial to computational models that couple flow, deformation and transport processes.

While scaling approaches have been proposed in the literature (Neuman, di Federico 2003), there are no universally accepted guidelines that can be used to identify the relevant scales of interest to permeability estimation; these can range from the crustal level involving dimensions of the order of 0.5–5.0 km, to borehole scales of the order of 30–300 m, to laboratory scales of the order of 5–15 cm. The estimation of ‘permeability’ of a geomaterial can also be significantly influenced not only by natural inhomogeneities that include fractures, fissures, damage zones, voids and vugs but also by coupled geomechanical, geochemical and geomorphological processes. Conventional laboratory measurement of permeability invariably relies on cylindrical samples that have substantially smaller dimensions (maximum 10 cm in diameter and 20 cm in length) in comparison with the dimensions of the geomaterial volume it is expected to represent in a subsurface fluid flow analysis problem. The use of larger specimens can eliminate some of the drawbacks of small-scale testing but the use of conventional axial or radial flow tests with large samples is non-routine. This paper discusses the possible use of a mini-permeameter to determine the local-scale permeability. Ideally, such a device should be versatile enough to allow estimation of local-scale permeability both rapidly and accurately.

When the large sample being tested has a plane surface, it is possible to use a patch permeability test, where an annular region provides an impervious seal and the central cavity forms the pressurized zone that establishes steady flow. This paper focuses on the development of an experimental procedure that can be used to estimate the surface permeability distribution in a cuboidal sample of Indiana limestone measuring 508 mm. The term ‘surface permeability’ is intended to signify the permeability of an effective support volume of the porous medium, which is determined by initiating steady flow at an aperture located at a partially sealed surface. In this research the dimensions of the support volume depend on the external diameter of the annular sealing region.

Laboratory procedures developed for steady-state permeability testing of rock cores invariably involve the application of steady-state flow, usually in the longitudinal direction of the cylindrical sample. The main advantage of a steady-state test is that the interpretation of the results, dependent only on the hydraulic boundary conditions of the test, the dimensions of the sample and a knowledge of the steady flow rate. In materials with relatively low permeability, an inordinate amount of time is required to attain steady-state flow conditions, and recourse is usually made to transient methods such as hydraulic pulse tests.

Large samples, a prerequisite to conducting surface permeability tests, can usually be obtained from either rock outcrops or from tunnels adits and test pits that are used for other geological investigations. The test involves the application of a constant flow rate to the central opening of an annular sealed section of the surface of the test specimen, such that steady flow conditions are attained. The use of localized steady flows for permeability testing has been reported by Dykstra & Parsons (1950) and these experimental techniques were rigorously modelled by Goggin et al. (1988). Innovative research along these lines was also conducted by Tidwell & Wilson (1997) in connection with the measurement of air permeability of a large block of Berea sandstone and the errors involved in the numerical evaluation of the intake shape factors were examined by Tartakovsky et al. (2000).

This paper briefly discusses the experimental procedure, provides a mathematical treatment of special cases of the experimental configuration and uses computational models to interpret the data for general situations. Finally, representative results for the surface permeability determined by conducting patch permeability measurements at nine locations on each surface of the cubical block of Indiana limestone are given. The experimental results, along with estimates for the interior permeability distribution derived from kriging procedures and theoretical relationships proposed in the literature, are used to determine the effective permeability of the entire block.

1. The Test Facility and Experimental Procedures

Indiana limestone has been used quite extensively in research investigations, and the geomechanical (skeletal Young's modulus and Poisson's ratio; tensile and compressive strengths), physical (porosity, unit weight) and mineralogical characteristics of the rock are well documented in the open literature (Głowacki 2007). The faces of the sample were saw-cut, creating a surface texture consistent with that of an FEPA grade P120 emery paper.

The test required the development of a perfect hydraulic seal over an annular region in contact with the rough surface of the cuboidal specimen and the application of a constant flow rate to the exposed central region, to attain steady-state flow. The dimensions of the annular sealing region can vary depending on the experimental configuration, but the attainment of a perfect seal over the annular region is essential for the success of the experiments. Figure 1 shows a cross section through the permeameter and a schematic view of the experimental facility is shown in Figure 2. A reaction frame was used to provide the sealing loads and a manually operated hydraulic cylinder and a load cell (interface 10 000 lb (approx. 4545 kg) loadcell; accuracy $\pm 0.05\%$) was used to maintain the sealing loads. The LC8A Shimadzu pump provided a prescribed flow rate accurate to within ± 2 per cent of the prescribed flow rate, with a maximum pressure range of 0–30 MPa. The accuracy of the pump was also verified separately through direct measurement of the flow rate. The permeameter is fitted with a pressure transducer (DCT Instruments PZA 100 AC; 0–

689.4 kPa with an accuracy of $\pm 0.05\%$) and a port for de-airing the cavity region. All instrumentation was monitored using a Techmatron Instruments Inc. Data Acquisition System. Water used was regular tap water, which was not de-aired or de-mineralized but filtered through a 10 μm filter and maintained at a constant room temperature of 23°C. The limestone block was kept immersed in a water reservoir maintained at room temperature. The cross-head of the reaction frame could be moved to accommodate specific test locations on the surface of the sample, as shown in Figure 3. This allowed measurement of the distribution of surface permeability on all faces of the cuboidal Indiana limestone specimen.

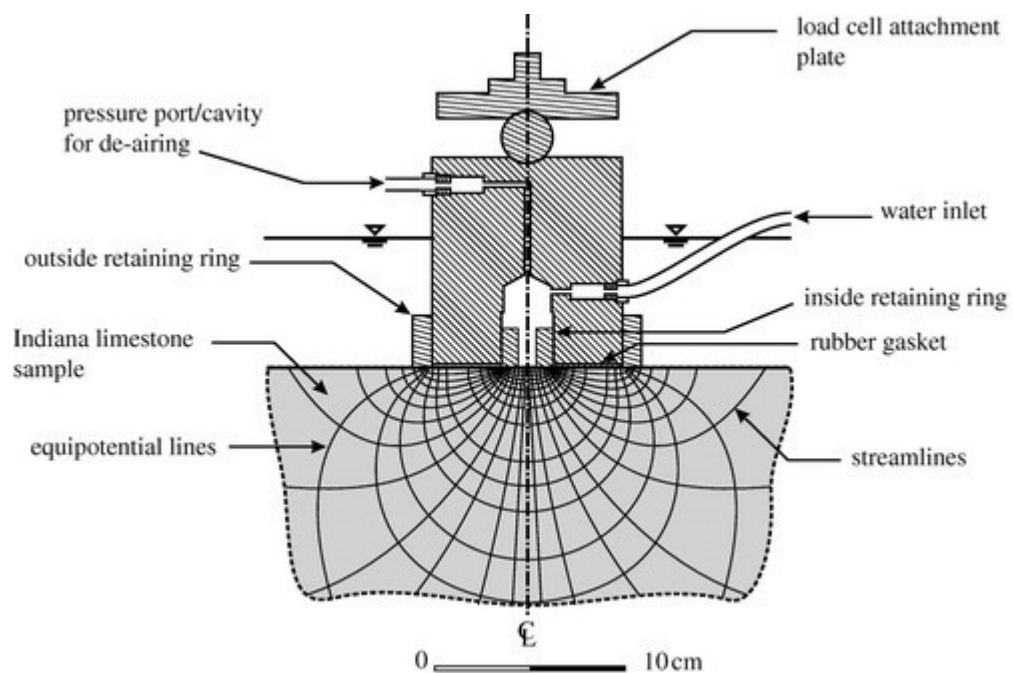


Figure 1 – Details of the permeameter.

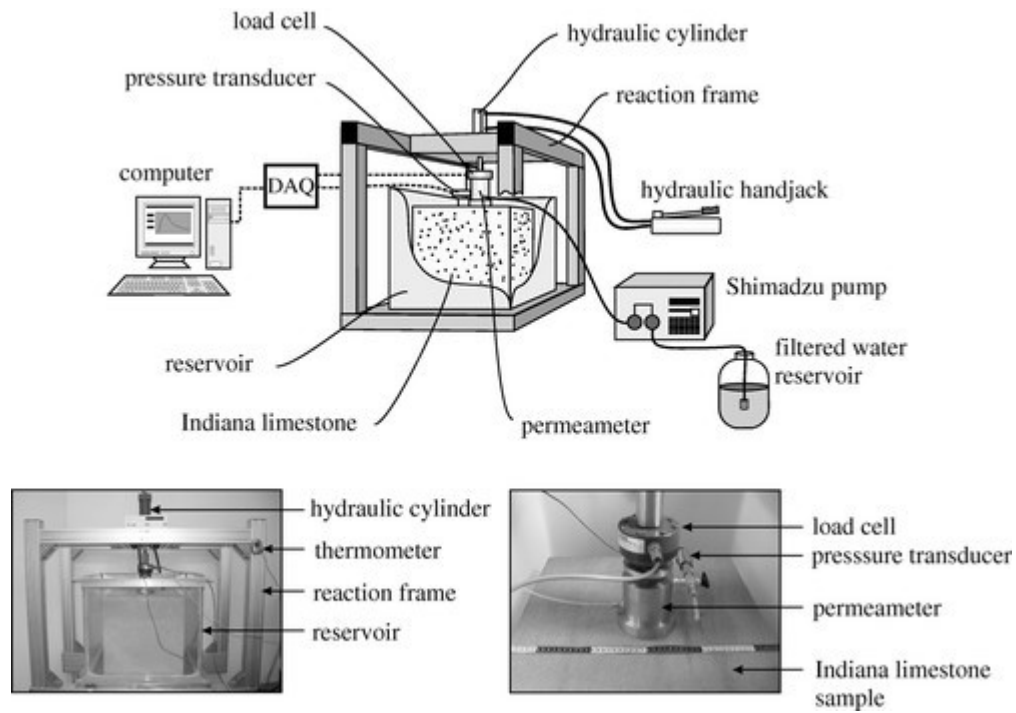


Figure 2 – The general arrangement of the laboratory-scale surface permeability test and details of the test set-up

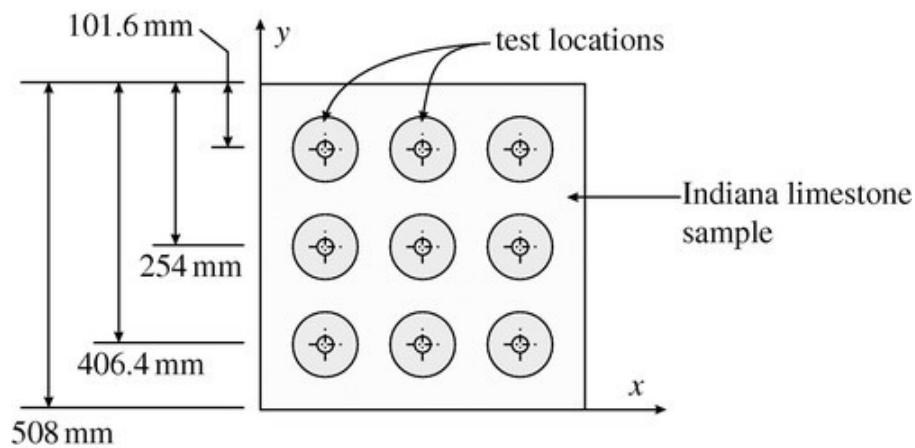


Figure 3 – Plan view of test locations (nine in total) on a cuboidal sample.

(a) The permeameter

Sealing between the permeameter (Figure 1) and the rock surface was achieved by applying a load to a natural rubber gasket (40 Shore A durometer) with an inside diameter of 25.4 mm and outside diameter of 101.6 mm. The interior to exterior radii (or diameter) ratio (a/b) is also referred to as the ‘tip seal ratio’ and in these experiments it was set at 4. The sealing annulus was confined internally and externally by retaining rings to prevent in-plane radial expansion, both during the application of the sealing load and during pressurization of the interior cavity. The

sealing technique is efficient and less elaborate than that used by Selvadurai, P. A. 2010. The sealed cavity was de-aired by flushing the system with water.

(b) Sealing procedure

A separate experiment was conducted where the sealing load was increased in stages and the permeability measured at the same location. The observed reduction in permeability is directly related to the compression of the gasket to conform to the surface topography of the limestone, which prevents fluid migration through the interface. At gasket compression stresses above 1.4 MPa, there were no appreciable changes in the estimated permeability. The mechanical effects of pore structure alteration owing to sealing pressures of up to 2.5 MPa are considered to have a negligible influence, and studies by Selvadurai & Głowacki (2008) indicate that confining pressures greater than 10 MPa are needed to induce appreciable alterations in permeability owing to pore closure, pore collapse and other irreversible pore structure alterations. To account for any non-uniformity of the surface texture at the contact locations, the sealing pressure was maintained at 1.75 MPa for all test locations. The effectiveness of the sealing stress was also established by repeating the test at the end of the series of experiments.

(c) Test procedure and results

If the permeability is to be defined by an appeal to Darcy's Law, then the induced flow should satisfy conditions applicable to the Darcy flow regime. Extensive discussion of the limits of applicability of Darcy flow in porous media and references to further studies are given by Zeng & Grigg (2006). The two criteria—the Reynolds number and the Forchheimer number—are in general used for assessing limits to the applicability of Darcy flow. The Reynolds number $Re = \rho_f v d / \mu$, where ρ_f is the fluid density, v is the superficial flow velocity, d is a characteristic length defined in relation to either the mean pore throat size or the mean grain size and μ is the dynamic viscosity. The Forchheimer number $Fr = k \beta \rho_f v / \mu$, where k is the permeability at 'zero' velocity and β is a non-Darcy coefficient. The measurement of the pore throat diameter in porous rocks is a non-routine exercise. Churcher et al. The porosity of Indiana limestone measured from

water saturation tests (Selvadurai&Głowacki 2008) was approximately 0.17. Considering an average superficial flow velocity of $v \approx 3.3 \times 10^{-4} \text{ m s}^{-1}$ (consistent with a peak flow rate of 10 ml min^{-1} over the central opening of 25.4 mm), and on the basis of these pore throat diameter estimates, we obtain $Re \approx (3 \times 10^{-9}, 5 \times 10^{-5})$, which is significantly smaller than the estimate for porosity. On the basis of this estimate, we conclude that all the experiments performed were within the Darcy flow range. The validity of the Darcy flow regime was further confirmed by performing variable flow rate tests and observing the deviations from linearity between flow rate and steady-state pressure (Figure 4). The peak flow rate of 10 ml min^{-1} is well within the flow regime required for the applicability of Darcy flow. In this paper, results of 162 steady-state permeability tests conducted on the six faces of the block of Indiana limestone are reported; a minimum of three tests were conducted at a known temperature at each of the nine locations per side (Figure 3), and the tests were interpreted using mathematical results and computational approaches described in the ensuing sections. At each location, the maximum and minimum pressures reached during attainment of a steady-state flow were recorded. Previous experiments (Selvadurai&Głowacki 2008) conducted on cylindrical cores of Indiana limestone (100 mm diameter and 200 mm long) subjected to one-dimensional flow indicate little or no mineral dissolution that could influence permeability alterations. The maximum variability of approximately 2.28 per cent during tests conducted at the same location within a five-month interval is within the range of sensitivity of the experimentation and cannot be attributed to any physical alterations of the pore structure.

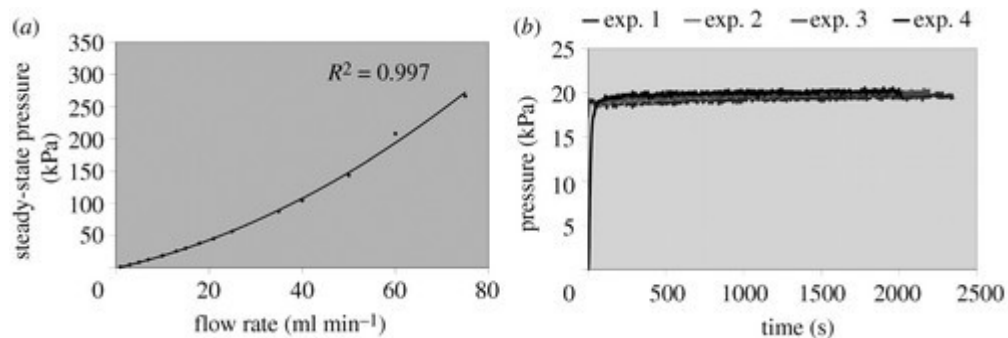


Figure 4 – Identification of (a) the Darcy flow regime and (b) the attainment of steady flow.

2. Computational Modelling

When considering the cuboidal Indiana limestone specimen used in the experiments, the analytical solution equation (3.22) for the flow rate at the annular sealing patch is most suitable for the central test locations. However, the analytical results are essential for the validation of computational approaches, which will be used to estimate permeability at other locations. It should also be noted that results obtained by and Tartakovsky *et al.* (2000) indicate that the halfspace solution is even applicable to cylindrical cores that are partially sealed by an annular patch on a plane surface and subjected to null Dirichlet boundary conditions on the remaining surfaces, which represents an exterior domain of infinite permeability. Several computational approaches including boundary element techniques (Gaul *et al.* 2003) and finite-element approaches (Zienkiewicz & Taylor 2006) can be used to solve Laplace's equation. The boundary element technique can accurately model singularities in the velocity field that can be encountered at a Dirichlet–Neumann boundary and give robust, convergent solutions for finer mesh division. Also, domain methods are capable of solving problems for inhomogeneous regions quite effectively. The computational modelling techniques are essential for determining the flow rates for permeameter positions remote from the central location. The required analysis can be performed quite conveniently using one of the several commercially available finite-element codes; here, we have chosen the Comsolmultiphysics code in view of further applications involving coupled thermo-poroelastic responses using the same experimental facilities.

(a) Validation of the computational modelling

To establish the accuracy of the finite-element approach, we consider the potential problem for a semi-infinite domain, where a constant potential (Φ_0) Dirichlet boundary condition is prescribed over the region $0 \leq r < a$, and a null Neumann boundary condition is prescribed over $a \leq r < \infty$ on the plane $z=0$. The results of the finite-element computations were compared in relation to the exact result for the flow rate given by equation. Two types of finite-element discretizations that employ tetrahedral elements were used to assess the accuracy of the

computational approach. In the first, the flow domain is zoned into three regions of varying mesh refinement and 299 945 elements (Figure 5a), and, in the second, a single zone with a finely graded mesh in the vicinity of the entry point resulting in 252 227 elements was used (Figure 5b). A robust solver SPOOLES, provided in Comsol, was used to generate the steady-state solution. The computations using these models were able to predict the permeability (for a given flow rate Q and flow potential Φ_0) to within 2.74 per cent of the analytical result using the mesh discretization shown in figure 6a and 2.05 per cent using the mesh discretization shown in figure 5b. The discrepancy can largely be attributed to the absence of singularity elements but, more importantly, to the absence of infinite

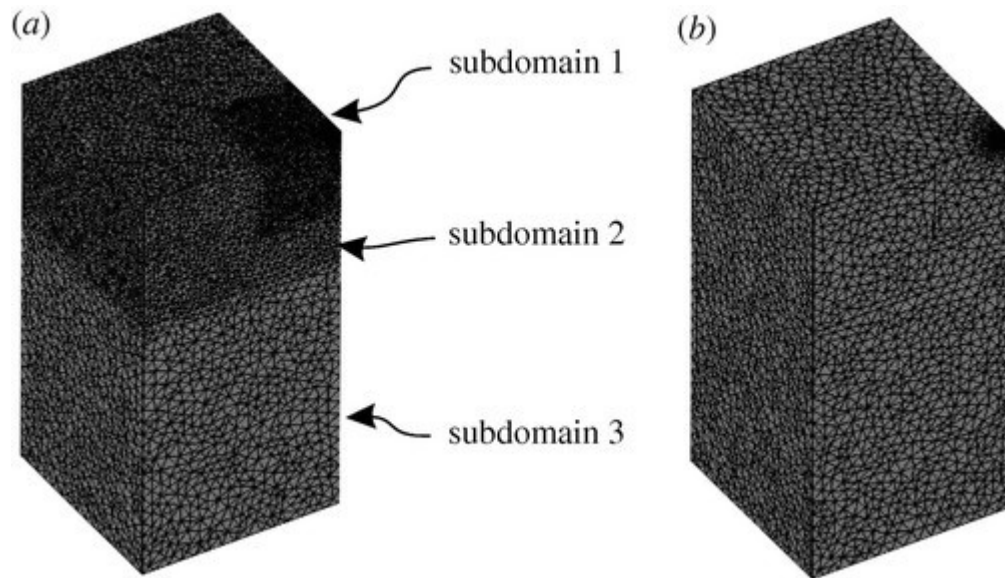


Figure 5 – (a,b) Finite-element discretizations of the flow domain

elements in the computational approach. The advantages that can be gained from incorporating such elements are not apparent, particularly in view of the relatively small errors involved. We can conclude that, when the outer radius R_D of the domain being modelled is larger than $8a$ and the length L_D is larger than $40a$, the solution for the annular patch seal with $b/a=4$ can be approximated by the corresponding result for the circular entry point solution associated with a halfspace region, the maximum error being less than 1.95 per cent. Computations were also performed to compare the results obtained for experimental configurations, where the permeameter was located either along the edge or at the corner of the cuboidal block. The symmetries associated with these configurations can be used to reduce

the size of the domain that needs to be modelled. The reduced domains and the relevant finite-element discretizations are shown in Figure 6. The computational estimates for the case where the permeameter is located at the edge under-predicts the analytical result given by 3.07 per cent and the corresponding result for the permeameter located at the corner of the block under-predicts the analytical solution by 3.44 per cent. In summary, the computational calibrations performed indicate that the analytical solution for the circular entry point located at the surface of an impervious halfspace can be used to model the permeameter with a tip seal radii ratio $(b/a) > 4$, to within an accuracy of approximately 3.5 per cent.

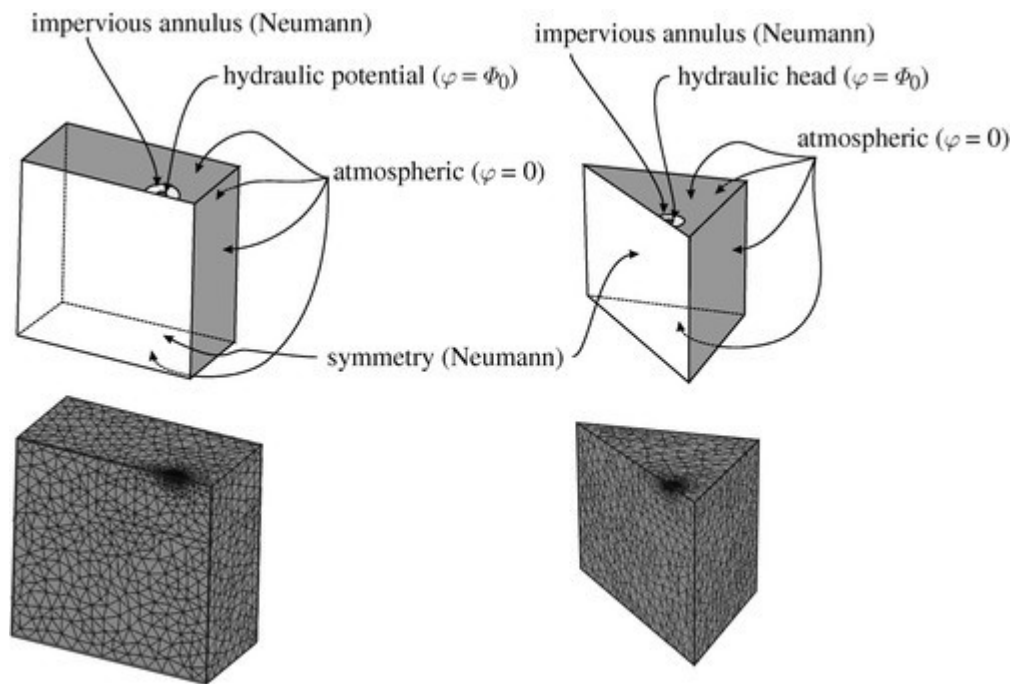


Figure 6 – Computational modelling for fluid flow associated with the permeameter located either along the edge or at the corner of the cuboidal specimen

(b) Computational modeling of a subregion

The basic premise of the analysis of the surface permeability test is that (i) it examines the effective local permeability, which can be regarded as an estimate for the equivalent homogeneous permeability associated with the support volume, similar to the hemispherical region described previously, and (ii) it is relatively uninfluenced by permeability values exterior to the support volume. To establish the accuracy of this assertion, computational modelling was performed on a subcube

region measuring 127 mm and sealed at the surface by an annular patch of internal radius 12.7 mm and external radius 50.8 mm. Referring to [Figure 7](#), the surface S_0 is subjected to a constant potential Φ_0 , the annular sealing S_1 was subjected to null Neumann conditions, the region S_2 was subjected to null Dirichlet conditions and the plane surfaces S_3 and S_4 were subjected to either (i) null Dirichlet boundary conditions or (ii) null Neumann boundary conditions. The relevant boundary value problems were examined using the Comsol computational model, as shown in [Figure 7](#). The maximum error associated with even extreme limits of permeability external to the local cuboidal domain is less than 5.43 per cent, which is regarded as an acceptable margin of error in the estimation of permeability.

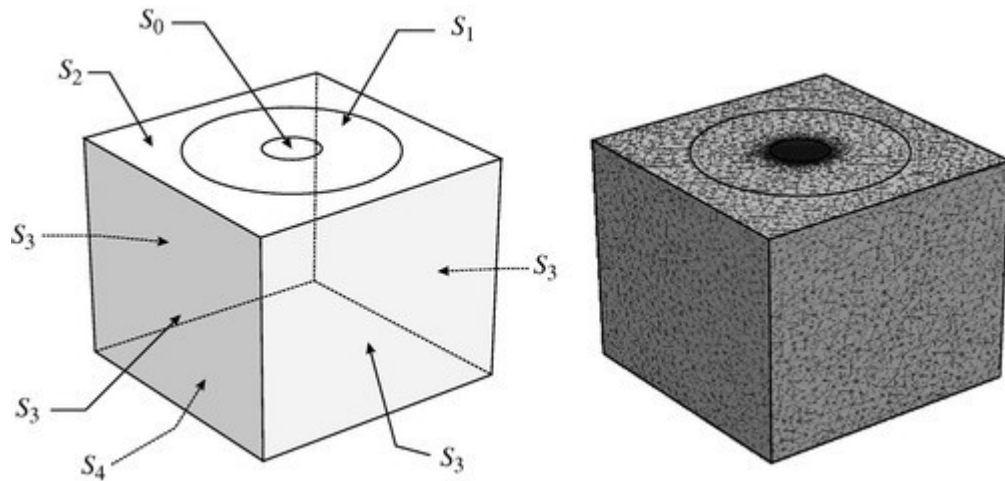


Figure 7 – Modelling of flow in a subcube of the cuboidal region

In addition, an ideal cuboidal region was constructed using a random set of 64 subcubes, where the permeabilities varied between the experimental range of $250 \times 10^{-15} \text{ m}^2$ and $11 \times 10^{-15} \text{ m}^2$. It is clear that the average permeability is a representative measure of the local value of the tested region and largely uninfluenced even by extreme variations in permeabilities beyond the zone of influence of the permeameter.

3. The Effective Permeability of the Cuboid

It is pertinent to examine the results of the research in the context of the scale at which the results can be applied in a practical context; this leads us to the evaluation of the *effective permeability* that can be assigned to the tested cuboidal sample of Indiana limestone. Despite the heterogeneity that is inherent in geological

formations of sedimentary origin, the effective permeability is regarded as a quantity that can indicate the effective fluid transport characteristics. The effective permeability of a region can thus be defined as the permeability that gives rise to the same flux or flow rate, under the same hydraulic gradient applied to the region. For example, if the dimensions of the porous medium being examined are on the same scale as the cuboidal region that was tested, then the permeability distributions determined from the point estimates and kriging procedures can be regarded as the actual values that need to be used in flow calculations. When examining the data in the context of a region that is much larger than the dimensions of the block that was tested (say several kilometres), the block then corresponds to a mathematical point, which, in general, could exhibit hydraulic anisotropy (with spatial dependency being excluded by definition). The topic of calculation of effective permeability of a heterogeneous porous medium has been the subject of extensive research, particularly from theoretical perspectives.

The procedures put forward in this paper in terms of experimental techniques or data analysis are insufficiently refined to allow estimation of the full *effective symmetric permeability tensor* at a point corresponding to the tested cube; it is, however, instructive to calculate the *effective permeability* for the ‘cuboidal point’.

In order to apply Matheron’s formulae, the permeability variations in the experiments should conform to a log-normal distribution. The dataset for the permeabilities given in table 1 satisfies the Kolomogorov–Smirnov test and establishes the applicability of the log-normal distribution to within a confidence level of 95%. The computations were carried out at a discretized scale with average values for 64 substructured units, a typical view of which is shown in Figure 8; the discretized permeabilities were obtained from the results of the kriging procedure that used the average values. The number of cubical elements used in the substructuring can be increased, but this entails an inordinate amount of data input owing to the nature of the Comsol software.

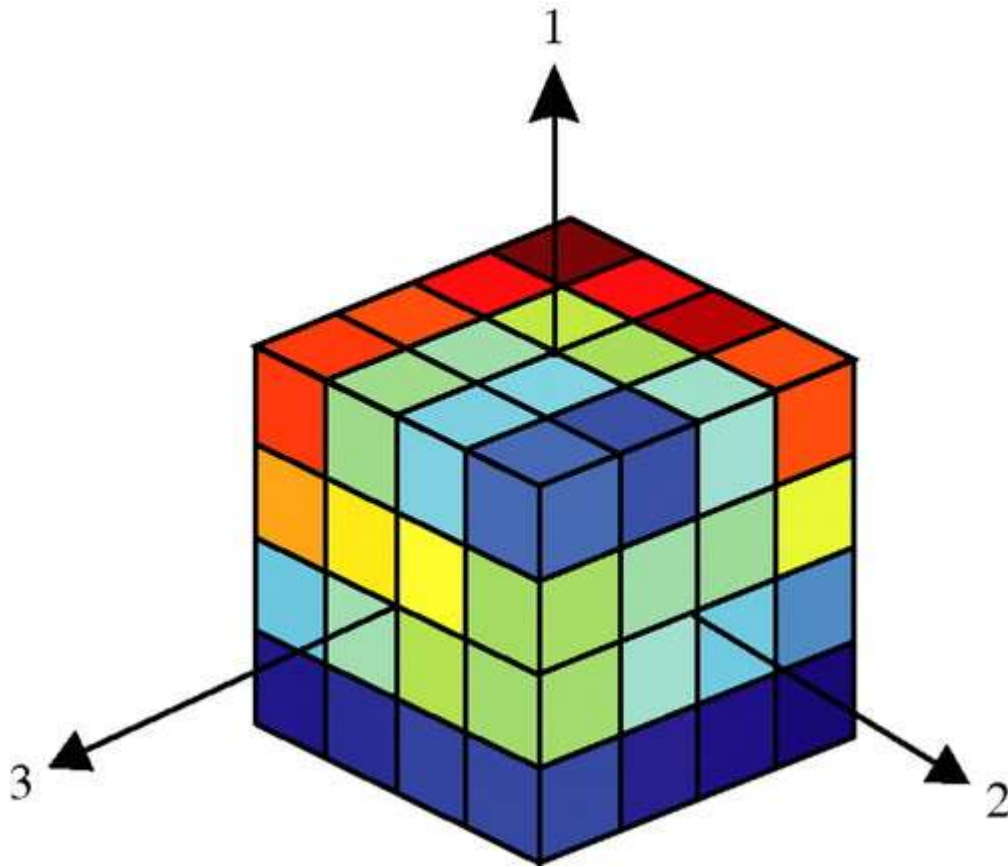


Figure 8 – A substructured unit of the cuboidal sample of Indiana limestone with permeabilities derived from the kriging procedure

As a final calibration, we considered the substructured representation of the Indiana limestone block containing the 64 equal regions of permeability, and subjected the composite cuboidal region to one-dimensional flow in the three orthogonal directions. The three permeabilities determined from this procedure are denoted by K_1, K_2, K_3 (these should not be interpreted as principal values of the permeability tensor). It is proposed that the effective permeability of the block can be estimated from the geometric mean.

$$K_{\text{eff}}^S = \sqrt[3]{K_1 K_2 K_3}. \quad (1)$$

The Comsol Multiphysics finite-element code was used to perform the computations. Two opposite ends of the cuboidal region were subjected to constant potential Dirichlet boundary conditions and the remaining four sides were subjected to null Neumann conditions. Even though the externally prescribed boundary conditions correspond to a one-dimensional state of fluid flow, the internal distribution of potential is three-dimensional and will, in general, give rise to a three-

dimensional flow; figure 9 clearly illustrates the development of three-dimensional flow patterns for certain choices of the hydraulic gradient. The computations provide the following estimates for ‘*apparent one-dimensional permeabilities*’ in the three orthogonal directions:

$$K_1 = 78,11 \times 10^{-13} \text{m}^2; K_2 = 78,88 \times 10^{-13} \text{m}^2; K_3 = 61,70 \times 10^{-13} \text{m}^2$$

indicating a nominal measure of directional dependence. If the permeabilities in the three different directions vary by several orders of magnitude, then the interpretation of the ‘*effective permeability*’ as a geometric mean is erroneous. In the experimental results for the current research, the permeability ratio in the three orthogonal directions is 1 : 1.21 : 1.22. This is an extremely weak transverse isotropy, which suggests that the apparent mild form of transverse isotropy can be dispensed with, particularly in hydrogeological calculations, by representing the porous medium as an equivalent isotropic medium, where the effective permeability is the geometric mean. The effective estimate based on the geometric mean (1) gives.

$$K_{\text{eff}}^S = 73.75 \times 10^{-15} \text{m}^2.$$

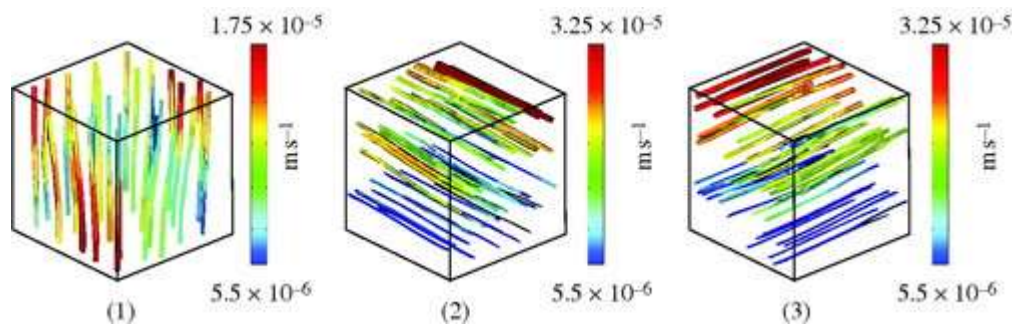


Figure 9 – Stream tube patterns along three orthogonal directions

These estimates were also compared with the experimental results obtained previously by Selvadurai & Głowacki (2008) for Indiana limestone using axial flow tests. In its unstressed state, the permeability was estimated at $(15\text{--}16) \times 10^{-15} \text{m}^2$. Previous studies for Indiana limestone have also found values of permeability that range from 4×10^{-15} to $54 \times 10^{-15} \text{m}^2$ (Churcher *et al.* 1991). The effective permeability estimates for the Indiana limestone obtained in this research point to a slightly larger value, but well within the range of variability ($10^{-22} \text{m}^2 < K_{\text{eff}} < 10^{-14} \text{m}^2$) that is expected of sedimentary formations consisting of limestone and dolomite.

CONCLUSIONS

The determination of permeability parameters that can be used in computational models for examining subsurface fluid flow in geological media continues to pose a major challenge to many areas of environmental geosciences and geoenvironmental engineering. Theoretical and computational investigations of the annular sealing patch on a plane surface indicate that certain aspect ratios of the sealing annulus permit the use of conventional solutions applicable to a circular entry point located on the surface of a halfspace region. The experimental and theoretical results allow the mapping of the near-surface permeabilities and these can be used with a kriging procedure to determine the permeability variations within the cuboidal region. The availability of the permeability distributions of samples with larger dimensions enables a meaningful estimation of the effective permeability of the cuboidal specimen, which can provide a representative description of the point-wise isotropic effective permeability relevant to large-scale applications. It is shown that the substructured permeability distributions can be used quite conveniently to estimate several measures of effective permeability including the Wiener bounds and the estimates of Landau & Lifshitz. For the investigations conducted, it is also found that the effective permeability of the cuboidal region of Indiana limestone can be conveniently estimated using the geometric mean. The effective permeabilities determined through these estimates confirm the validity of the Wiener bounds.